



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**Terminação intensiva de bovinos com níveis de concentrados à
bases de farelo de soja ou DDGS em pastagem de capim-
Mombaça, sob lotação contínua, no período chuvoso do bioma
Amazônia**

Adriano Nicoli Roecker

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Sinop, para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal

Sinop, Mato Grosso

Agosto de 2022

ADRIANO NICOLI ROECKER

**Terminação intensiva de bovinos com níveis de concentrados à
bases de farelo de soja ou DDGS em pastagem de capim-
Mombaça, sob lotação contínua, no período chuvoso do bioma
Amazônia**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso,
Campus Universitário de Sinop, para a obtenção do título
de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Produção
Animal

Orientador: Prof. D.Sc. Dalton Henrique Pereira

Co-orientadora: D.Sc. Dheyne Cristine Bolson

Sinop, Mato Grosso

Agosto de 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

R711t Roecker, Adriano Nicoli.

Terminação intensiva de bovinos com níveis de concentrados à bases de farelo de soja ou DDGS em pastagem de capim-Mombaça, sob lotação contínua, no período chuvoso do bioma Amazônia / Adriano Nicoli Roecker. -- 2022
94 f. ; 30 cm.

Orientador: Dalton Henrique Pereira.

Co-orientador: Dheyne Cristina Bolson.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Sinop, 2022.

Inclui bibliografia.

1. alto concentrado. 2. bovinos de corte. 3. coprodutos. 4. gases in vitro. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Terminação intensiva de bovinos com níveis de concentrados contendo farelo de soja ou DDGS em pastagem de capim-Mombaça, sob lotação contínua, no período chuvoso do Bioma Amazônia

AUTOR (A): MESTRANDO (A) **Adriano Nicoli Roecker**

Dissertação defendida e aprovada em **01/08/2022**.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Doutor(a) Dalton Henrique Pereira (Presidente Banca / Orientador)
INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso
2. Doutor(a) Douglas dos Santos Pina (Examinador Externo)
INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Bahia
3. Doutor(a) Rosemary Laís Galatti (Examinador Externo)
INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso
4. Doutor(a) Thiago Alves Prado (Examinador Externo)
INSTITUIÇÃO: Fortuna Nutrição Animal
5. Doutor(a) Daniel Oliveira de Lucena Sarmento (Examinador Externo)
INSTITUIÇÃO: INPASA Agroindustrial
6. Doutor(a) Dheyne Cristina Bolson (Examinador Suplente)
INSTITUIÇÃO: Fortuna Nutrição Animal

SINOP, 01/08/2022.



Documento assinado eletronicamente por **DALTON HENRIQUE PEREIRA**, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso, em 02/08/2022, às 19:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Dheyne Cristina Bolson**, Usuário Externo, em 03/08/2022, às 09:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thiago Alves Prado**, Usuário Externo, em 03/08/2022, às 11:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Douglas dos Santos Pina**, Usuário Externo, em 03/08/2022, às 13:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Oliveira de Lucena Sarmento**, Usuário Externo, em 20/08/2022, às 23:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4973004** e o código CRC **A22D9B3B**.

Primeiramente a Deus Onipotente, Onisciente e Onipresente!
Aos meus pais Jaime Roecker e Marinêz C. Nicoli Roecker, devo
tudo o que sou a vocês.
Aos meus irmãos Alex Sandro e Andressa, pelo carinho e amor.
A minha namorada Camila Luiza, minha Nutricionista e M.Sc.
Minha inspiração e exemplo de pessoa.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primordialmente a Deus, por conduzir-me aos caminhos da sabedoria e zelar-me com sua proteção presenteando-me com o dom da vida.

Aos meus pais Jaime Roecker e Marinêz C. Nicoli Roecker, por nunca medirem esforços para a concretização do meu objetivo na pós-graduação, me apoiando e incentivando sempre nessa etapa da minha vida, vocês são para mim exemplo de honestidade, comprometimento, esforço, dignidade, atenção, carinho e amor acima de tudo. Devo tudo o que sou a vocês.

À minha namorada Camila Luiza, por ser fundamental nessa etapa da nossa vida, pelo apoio, incentivo, paciência e sobretudo o amor, sem você nada disso seria possível. Agradeço o companheirismo, o empenho e a ajuda em todas as etapas. TE AMO PARA SEMPRE.

Aos meus irmãos Alex Sandro e Andressa, pelo carinho e amor mesmo com o distanciamento e as poucas vezes que podemos no ver percebo que a admiração e amor sempre aumentam entre nós. Que sempre possamos continuar unidos com nossa família.

Aos meus avós Jacó Roecker e Celina da Silva Roecker, que estiveram muito presentes na minha criação e foram pilar-chave para moldar meu caráter.

Ao meu orientador, Professor D.Sc. Dalton Henrique Pereira, foram alguns anos como seu aluno, sempre uma relação baseada no respeito mútuo. Agradeço a prontidão e paciência em transmitir-me seus conhecimentos enriquecedores, e de grande valia para minha vida acadêmica e com toda certeza profissional. Senhor para mim é um exemplo de amor à profissão de Zootecnista e de como o comprometimento e honestidade sempre serão recompensados.

À Universidade Federal de Mato Grosso/Campus Sinop, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, que possibilitaram a minha formação, aos profissionais altamente capacitados.

À D.Sc. Dheyne Cristina Bolson pela coorientação nesse projeto, pelo auxílio e disponibilidade desde a condução do experimento a mentoria na elaboração do presente material.

Ao D.Sc Thiago Trento Beserra pelo auxílio durante todo o projeto, tanto na parte de coletas, sempre disponível a ajudar, como na parte intelectual do processo.

Aos colegas Lucas (Bidóia) e Rafael Bazana por todo o auxílio na condução desse trabalho a campo, foram dias consecutivos, muitas vezes madrugadas também, de trabalho muito árduo, mas sempre de forma descontraída.

Ao Grupo de Estudo em Pecuária Integrada (GEPI), que me proporcionou grande amizades, tenho grande amor por este grupo. O GEPI me abriu diversas portas, por isso agradeço a confiança em mim depositada para fazer parte desse grupo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de estudos concebida.

À empresa Fortuna Nutrição Animal como financiadora desse projeto, fornecendo todo aporte necessário para que esse projeto se torna-se realidade.

À INPASA Agroindustrial S.A. pela parceria para o desenvolvimento desse projeto.

Aos amigos Lucas (Salsicha) e Gabriel pela disponibilidade e companheirismo, meninos que pude conhecer e em pouco tempo já se tornaram importantes pessoas na condução do experimento e nos dias longe de casa alojado na fazenda.

Aos colegas de mestrado Artur e Juliana, por todo o auxílio na condução desse trabalho.

Ao colega Flávio Menezes por toda a ajuda e disponibilidade durante essa caminhada.

Aos alunos de Iniciação Científica Anielen, Jezyka, Lázaro, Leonardo, Natalieli, Thayane, Vanessa, Willian e demais que se apresentaram sempre prestativos e comprometidos a auxiliar no projeto.

Ao D.Sc. Matheus Lima Corrêa Abreu e Prof^a D.Sc. Rosemary Laís Galati pelo auxílio nesse projeto.

Aos colaboradores dos Laboratórios de Nutrição Animal e Forragicultura e Imunopatologia e Doenças Tropicais, pela ajuda e disponibilidade.

EPÍGRAFE

“O que você faz, tem diferença. Você decide o tipo de diferença que quer fazer no mundo”.

Jane Goodball

BIOGRAFIA

ADRIANO NICOLI ROECKER, filho de Jaime Roecker e Marinêz Cecília Nicoli Roecker, nasceu em Guarantã do Norte, Mato Grosso, em 06 de novembro de 1996.

Em fevereiro de 2020, concluiu o Curso de Bacharel em Zootecnia pela Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus Sinop*.

Iniciou em março de 2020, o Curso de Mestrado em Zootecnia, pela mesma instituição, na área de Produção Animal.

RESUMO

Roecker, Adriano Nicoli Roecker. Dissertação de Mestrado (Zootecnia), Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Sinop. 2022, **Terminação intensiva de bovinos com níveis de concentrados à bases de farelo de soja ou DDGS em pastagem de capim-Mombaça, sob lotação contínua, no período chuvoso do bioma Amazônia**. Orientador: Prof. D. Sc. Dalton Henrique Pereira. Coorientadora: D. Sc. Dheyne Cristine Bolson.

Nosso objetivo foi avaliar níveis de concentrados com farelo de soja ou DDGS em dietas de bovinos Nelore em terminação intensiva à pasto, no período chuvoso do bioma Amazônia. Dois experimentos foram conduzidos e os tratamentos consistiram em dois níveis de concentrados (NC) isonitrogenados a 15 g.kg^{-1} de peso corporal (PC) e *ad libitum*, constituídos de farelo de soja ou DDGS como fonte proteica verdadeira (FP). Inicialmente avaliamos o componente forrageiro, desempenho, característica de carcaça e parâmetros sanguíneos. Este foi estruturado segundo delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×2 , com dois níveis de concentrado e duas fontes proteicas. Foram utilizados 154 bovinos machos da raça Nelore, não castrados, com idade inicial de 20 ± 2 meses e PC inicial de $446 \pm 33,3 \text{ kg}$, alocados em 12 piquetes com 2,5 ha de *Megathyrsus maximus* (Sin. *Panicum maximum*) cv. Mombaça e 12 animais por piquete. No segundo experimento, avaliamos a cinética de produção de gases e a digestibilidade e metano *in vitro* das dietas. O experimento foi estruturado segundo delineamento em blocos casualizado em esquema fatorial 2×2 , com dois níveis de concentrado e duas fontes proteicas. As dietas foram constituídas de acordo com os consumos ou resultados observados no primeiro ensaio. Desse modo, os NC foram nas proporções de: 15 e 17 g kg^{-1} de PC. Observamos que no tratamento NC *ad libitum*, a oferta de forragem foi superior em relação à 15 g.kg^{-1} . A massa de forragem e proporção de folha não apresentaram efeito de NC e FP. O ganho médio diário, ganho de carcaça, taxa de lotação e produtividade foi superior nos animais alimentados com NC *ad libitum* comparados com os que receberam 15 g.kg^{-1} . A utilização de DDGS como fonte de proteína não apresentou efeito para as variáveis de desempenho em comparação ao farelo de soja. Os parâmetros sanguíneos dos bovinos não apresentaram efeito

de NC e FP. Dietas com NC de 17 g kg⁻¹ apresentaram aumento de 8,93% no volume final de gases (V_f). Em dietas como FP observamos V_f superior em 5,24% em relação à DDGS. A digestibilidade da matéria seca e matéria orgânica após 48 h de incubação foram superiores em 7,95 e 9,13%, respectivamente nas dietas com NC de 17 g kg⁻¹. Concluímos que não houve efeito de NC e FP para as variáveis de produção do metano. A utilização de DDGS como fonte proteica em dietas de alto concentrado (17 g.kg⁻¹ de PC), é uma alternativa para substituir o farelo de soja, aumentar o desempenho individual e a produtividade por área em bovinos Nelore na fase de terminação a pasto, durante o período chuvoso. O uso de DDGS como fonte de proteína, ao nível de 170 g kg⁻¹ de inclusão, em dietas de alto concentrado, apresenta menor digestibilidade *in vitro* da matéria seca e matéria orgânica, e menor volume de gases produzidos, sem alterações na produção de metano, em comparação ao farelo de soja. Dietas com inclusão de 17 g kg⁻¹ de peso corporal de concentrado, promovem melhores padrões cinéticos de digestão *in vitro*.

Palavras-chave: alto concentrado; bovinos de corte; coprodutos; gases *in vitro*

ABSTRACT

Roecker, Adriano Nicoli Roecker. Masters Dissertation (Zootechny), Federal University of Mato Grosso-Sinop. 2022, **Intensive finishing of cattle with levels of concentrates based on soybean meal or DDGS in pasture of Mombasa grass, under continuous stocking, in the rainy period in the Amazon biome.** Advisor: Prof. Dsc. Dalton Henrique Pereira. Joint Supervisor: Dsc. Dheyne Cristine Bolson.

Our objective was to evaluate levels of concentrates with soybean meal or DDGS in diets of Nelore cattle in intensive pasture finishing in the rainy period of the Amazon biome. Two experiments were conducted, and the treatments consisted of two levels of concentrates (NC) isonitrogenated at 15 g.kg⁻¹ body weight (BW) and ad libitum, consisting of soybean meal or DDGS as a true protein source (FP). We initially evaluated forage component, performance, carcass characteristic and blood parameters. This was structured according to an entirely randomized design in a 2x2 factorial scheme with two levels of concentrate and two protein sources. We used 154 male Nelore cattle, uncastrated, with initial age of 20±2 months and initial CP of 446±33.3 kg, allocated in 12 plots with 2.5 ha of *Megathyrsus maximus* (Sin. *Panicum maximum*) cv. Mombasa and 12 animals per plot. In the second experiment, we evaluated the gas production kinetics and the *in vitro* methane digestibility of the diets. The experiment was structured according to a randomized block design in a 2x2 factorial scheme, with two levels of concentrate and two protein sources. The diets were constituted according to the consumption or results observed in the first trial. Thus, the NC were in the proportions of: 15 and 17 g kg⁻¹ of CP. We observed that in the NC ad libitum treatment, the forage supply was higher compared to 15 g.kg⁻¹. Forage mass and leaf proportion had no effect of NC and CP. Average daily gain, carcass gain, stocking rate and productivity were higher in animals fed NC ad libitum compared to those fed 15 g.kg⁻¹. The use of DDGS as a protein source showed no effect for the performance variables compared to soybean meal. Blood parameters of the cattle showed no effect of NC and FP. Diets with NC of 17 g kg⁻¹ showed an increase of 8.93% in final gas volume (Vf). In diets with PF we observed Vf superior in 5.24% in relation to DDGS.

The digestibility of dry matter and organic matter after 48 h of incubation were higher by 7.95 and 9.13%, respectively in diets with NC of 17 g kg⁻¹. We conclude that there was no effect of NC and FP for the methane production variables. The use of DDGS as protein source in high concentrate diets (17 g.kg⁻¹ of CP), is an alternative to replace soybean meal, increase individual performance and productivity per area in Nelore cattle in the pasture finishing phase, during the rainy season. The use of DDGS as a source of protein, at the level of 170 g kg⁻¹ of inclusion, in high concentrate diets, presents lower *in vitro* digestibility of dry matter and organic matter, and lower volume of gases produced, without changes in methane production, compared to soybean meal. Diets with inclusion of 17 g kg⁻¹ body weight of concentrate promote better *in vitro* digestion kinetic patterns.

Keywords: co-products; beef cattle; high concentrate; *in vitro* gas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Panorama da pecuária de corte nacional	3
2.2. Intensificação dos sistemas de produção em pastagens	5
2.3. Estratégias de intensificação na fase de terminação.....	7
2.4. Terminação intensiva a pasto - TIP.....	11
2.5. Uso de coprodutos de destilaria na alimentação de ruminantes.....	13
2.6. Parâmetros sanguíneos em bovinos.....	17
2.6.1. Indicadores do metabolismo proteico	18
2.6.2. Indicadores do metabolismo energético	21
2.6.2. Indicadores do metabolismo enzimático	22
2.7. Utilização de técnicas in vitro para predição da digestibilidade de alimentos.....	24
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS REVISÃO	27

CAPÍTULO I: NÍVEIS DE CONCENTRADOS COM FARELO DE SOJA OU DDGS NO DESEMPENHO, CARACTERÍSTICA DE CARÇA E PARÂMETROS SANGUÍNEOS DE BOVINOS NELORE EM TERMINAÇÃO INTENSIVA EM PASTAGEM DE CAPIM-MOMBAÇA, SOB LOTAÇÃO CONTINUA, EM PERÍODO CHUVOSO NO BIOMA AMAZÔNIA

35

1. Introdução.....	39
2. Material e métodos	41
2.1. Área e período experimental	41
2.2. Manejo animal e dietas experimentais	42
2.3. Coleta de forragem, concentrados e alimentos	43
2.4. Composição bromatológica da forragem, concentrados e alimentos.....	44
2.5. Parâmetros sanguíneos	45
2.6. Consumo	45
2.7. Abate, desempenho e características de carça	46
2.8. Análise estatística	47
3. Resultados	48
3.1. Componente forrageiro.....	48
3.2. Consumo, desempenho animal e características de carça	49

3.3. Parâmetros sanguíneos	50
4. Discussão	50
4.1. Componente forrageiro	50
4.2. Consumo, desempenho animal e características de carcaça	51
4.3. Parâmetros sanguíneos	53
5. Conclusão	54

CAPÍTULO II: PARÂMETROS CINÉTICOS DA PRODUÇÃO DE GASES, DIGESTIBILIDADE E METANO *IN VITRO* DE DIETAS CONTENDO NÍVEIS DE CONCENTRADOS COM FARELO DE SOJA OU DDGS PARA TERMINAÇÃO INTENSIVA DE BOVINOS A PASTO

Introdução.....	66
Material e Métodos.....	67
Local e delineamento experimental.....	67
Composição bromatológica das amostras de concentrado, forragem e alimentos	68
Ensaio <i>in vitro</i>	69
Produção de metano.....	71
Análise estatística.....	72
Resultados	73
Produção de gases <i>in vitro</i>	73
Digestibilidades e nitrogênio amoniacal	74
Metano.....	76
Discussão	76
Referências	78
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	81

1. INTRODUÇÃO GERAL

O sistema de produção animal em pastagens é o mais utilizado na pecuária de corte nacional, sendo o pasto, a principal fonte de alimento para animais ruminantes em virtude de aspectos econômicos e climáticos favoráveis (Pezzopane et al., 2017). Da década de 90 a 2020 contudo, a área destinada às pastagens reduziu em 13,6%, em razão das pressões ambientais à abertura de novas áreas, aliado ao aumento das terras antes ocupadas por pecuária destinadas a agricultura (ABIEC, 2021).

Nesse contexto, destaca-se a importância do correto uso do fator e recurso terra, e da intensificação dos sistemas produtivos. Sistemas intensivos de produção em pastagens permite a manutenção da competitividade dos empreendimentos pecuários (Costa et al., 2021).

Essa intensificação visa explorar ao máximo o desempenho individual, a produtividade animal e das áreas de pastagens (Barbero et al., 2015). Nesse cenário, a utilização de alimentação concentrada é uma estratégia que proporciona maior ingestão de matéria seca (MS) e nutrientes, maior desempenho animal, e taxas de lotação mais altas (Cardoso et al., 2020). Ainda, permite explorar as interações entre forragem e alimentos concentrados com o objetivo de maximizar o desempenho produtivo e econômico dos sistemas pecuários (Romanzini et al., 2020; Malafaia et al., 2021).

Nesse sentido, sistemas nutricionais com a inclusão de altos volumes de alimentos concentrados ($>12 \text{ g.kg}^{-1}$ do peso corporal (PC)) podem ser utilizados de forma estratégica na terminação. O entendimento sobre os impactos dos diferentes níveis de inclusão de concentrado na dieta, contudo, ainda não são bem elucidados e compreendidos (Mota et al., 2020).

Arelado a isso, o cenário da intensificação deve priorizar formas sustentáveis de exploração e aproveitar os ingredientes menos onerosos, e não consumidos pelo homem, na alimentação de ruminantes (Cardoso et al., 2020). Os coprodutos da produção de etanol, por exemplo, se encaixam nessas características.

Com o mercado crescente de etanol e o uso de cereais, em especial o milho, para suprir tal demanda, a disponibilidade de coprodutos que apresentam rica composição nutricional para a utilização na nutrição de animais domésticos é cada vez maior (de Araújo et al., 2021), como por exemplo o DDGS (“*dried distiller’s grains with solubles*”).

Nos Estados Unidos, a suplementação de DDGS para bovinos a pasto tem demonstrado efeitos positivos no desempenho dos animais (Klopfenstein et al., 2008; Berger e Singh, 2010; Griffin et al., 2012). Já no Brasil, o DDGS produzido pode ter composição nutricional e características distintas do americano (de Araújo et al., 2021), sendo extremamente importante a condução de estudos em sistemas intensivos de produção quanto ao impacto no desempenho animal, no metabolismo e na digestibilidade dos nutrientes, em âmbito nacional.

O cenário atual e futuro para a pecuária brasileira sinaliza que a produção deve focar cada vez mais em eficiência e sustentabilidade. Diante do exposto, nosso objetivo com o trabalho foi avaliar níveis de concentrados com farelo de soja ou DDGS em dietas de bovinos Nelore em terminação intensiva à pasto, no período chuvoso do bioma Amazônia e analisar o componente forrageiro, desempenho e característica de carcaça, quantificar parâmetros sanguíneos e a cinética de produção de gases, digestibilidade e metano *in vitro* das dietas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Panorama da pecuária de corte nacional

Com a crescente demanda por alimentos e *comodities* agrícolas, aliados às pressões ambientais cada vez mais crescentes, a pressão sobre o uso da terra como fator de produção e recurso aumenta progressivamente (Schneider et al., 2022).

O uso eficiente da terra torna-se imprescindível ao passo que assume a função de enfrentar desafios tais quais, as mudanças climáticas e a perda da biodiversidade, por intermédio da utilização de terras para conservação da biodiversidade, sequestro de carbono, entre outros serviços ecossistêmicos (Folberth et al., 2020). Trabalhos recentes a respeito das principais culturas agronômicas demonstram que as terras com ocupação agrícola poderiam ser reduzidas próximas a 50%, através da utilização da intensificação agrícola e uso eficiente dos recursos (Stehfest et al., 2019; Folberth et al., 2020; Schneider et al., 2022).

Segundo estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU, 2019) a população mundial pode chegar a 10,9 bilhões de pessoas no ano de 2100, com isso a demanda por alimentos cresce substancialmente. Além desse fato, estima-se que a porcentagem da população mundial urbanizada atinja 68,5% em 2050, já nos países da América Latina e Caribe essa proporção pode chegar 87,8%, especialmente em razão da migração rural-urbana, aumentando a pressão sobre as propriedades agrícolas que visam se manter nesse cenário (ONU, 2019). Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2021) estima-se que a demanda por proteína de origem animal cresça 33% em todo o mundo, com isso, faz-se extremamente importante sistemas pecuários mais produtivos para suprir as tendências de demanda.

Nesse cenário o Brasil representa importante figura, o país corresponde ao segundo maior produtor de carne bovina do mundo, com 10,1 milhões de toneladas equivalentes carcaça em 2020 (FAO, 2021) e apresentando o maior rebanho efetivo, cerca de 187,5 milhões de

animais e abate de 44,25 milhões de cabeças em 2020, conforme a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC, 2021). Dentro da pecuária de corte o Brasil apresenta crescimentos anuais consistentes, cerca de 20,8% no ano de 2020, o que representa cerca de 10% do PIB total nacional. Em uma série histórica de 1990 a 2020, a pecuária de corte brasileira apresentou aumento de 159% da produtividade e de 122% da produção de carne, demonstrando a maximização da verticalização dos sistemas (ABIEC, 2021).

Esses dados demonstram a modernização dos sistemas pecuários brasileiros, através do avanço tecnológico empregado, bem como a organização da cadeia de produção. Entretanto, dados como a taxa de lotação nacional de 0,88 unidades animais (UA) por hectare (ha) e produtividade média de 4,2@/ha/ano em 2020 demonstram que a modernização dos sistemas deve ser cada vez mais crescentes, visando atender às demandas mundiais supracitadas (ABIEC, 2021).

Categoricamente, o sistema de produção animal em pastagens constitui o mais empregado na pecuária de corte nacional, sendo o pasto, a principal fonte de alimento para animais ruminantes em virtude de aspectos econômicos e climáticos favoráveis (Pezzopane et al., 2017). A área destinada às pastagens são de 165,2 milhões de hectares. Nota-se que de 1990 a 2020 houve redução de 13,6%, em razão das pressões ambientais à abertura de novas áreas, aliado ao aumento das terras antes ocupadas por pecuária, destinadas a agricultura (ABIEC, 2021).

Todo esse contexto evidencia a importância do correto uso do fator e recurso terra, e da intensificação dos sistemas produtivos. Invariavelmente, a respeito da caracterização da cadeia produtiva baseada a pasto, sistemas intensivos de produção em pastagens se tornam imprescindíveis para manter a competitividade dos empreendimentos pecuários (Costa et al., 2021).

2.2. Intensificação dos sistemas de produção em pastagens

Desde a década de 90, a pecuária de corte brasileira passou por uma intensa modernização dos sistemas produtivos e criação de órgãos nacionais para incentivo de produtividade, propiciando melhores desempenhos zootécnicos, maior competitividade de mercado e melhor qualidade de carne. Nesse cenário, além das condições climáticas favoráveis, observava-se disponibilidade de terras, boa oferta de mão-de-obra e tecnologia de produção sendo melhor adaptada ao clima tropical (McManus et al., 2016).

Tradicionalmente, a cadeia de produção foi encorajada e tem-se baseado na busca por tecnologias mais intensivas de produção, com melhores desempenhos zootécnicos e econômicos. Entretanto, principalmente a partir da década de 2010, surgiram novas pressões derivadas dos custos de oportunidade, do valor da terra e das restrições ambientais (Nunes et al., 2019; Wetlesen et al., 2020).

A competitividade de setores como a agricultura e o avanço territorial desse setor do agronegócio, tornam cada vez mais ineficientes sistemas pecuários extensivos de produção e comprometem a permanência destes nas expectativas de conjuntura de mercado. A necessidade e expectativa futura é de uma cadeia de produção de carne bovina intensiva, tecnificada e de ciclo curto, através de gestão, inovação e configuração para o mercado de forma competitiva, englobado nas responsabilidades sustentáveis (Malafaia et al., 2021).

Claramente, a intensificação da pecuária passa, inevitavelmente, pela melhora das condições das pastagens que representam a base alimentar dos bovinos, além da utilização de manejos (ração, concentrados, rotação de pastagens, confinamento) e tecnologias que melhorem a produtividade da atividade, modificando o sistema extensivo de produção em um sistema intensivo ou semi-intensivo (Vale et al., 2019).

O processo de intensificação dos sistemas de produção baseados em pastagens pode levar a aumentos na pressão ou intensidade do pastejo. A pressão de pastejo é um fator

primordial para manutenção da capacidade produtiva das pastagens perenes, independentemente do método de pastejo utilizado (Pizarro et al., 2013). A intensidade de pastejo está amplamente relacionada à altura de resíduo pós pastejo ou à taxa de lotação, e promove alterações nas características morfogênicas e estruturais da forrageira (Sollenberger et al., 2014).

Baixas pressões de pastejo aumentam a altura do dossel, elevam as proporções de colmo e material senescente, reduzem o valor nutritivo e por consequência, diminuem o desempenho animal individual e por área (Parsons et al., 1988). Pressões de pastejo mais intensas, minimizam o alongamento dos colmos, no entanto, geralmente promovem a redução do crescimento da gramínea (Sbrissia et al., 2018). Toda via, essas reduções podem ser totalmente ou parcialmente compensadas pela adoção de estratégias de manutenção da estrutura do pasto, uma vez que já se sabe que a estrutura tem influência direta no comportamento ingestivo dos animais, capaz de manter boa quantidade de folhas no dossel forrageiro, otimizando a colheita da forragem pelo animal (Costa et al., 2021).

Portanto, o grande desafio para o processo de intensificação dos sistemas de produção baseados em pastagens corresponde ao entendimento e manipulação da interface planta-animal, objetivando um manejo intensivo das pastagens de forma sustentável, capaz de otimizar tanto a produção animal, quanto a forrageira (Euclides et al., 2019).

No entanto, para que a exploração de forma maximizada do potencial de produção das gramíneas seja alcançada, altas taxas de lotação devem ser empregadas, a fim de garantir um processo de colheita eficiente da forragem produzida e um alimento com características adequadas ao consumo animal (Sollenberger e Vanzant, 2011).

A intensificação da produção pecuária em pastagens visa a maximização do desempenho individual e a produtividade animal (Barbero et al., 2015). Aumento nas taxas de lotação supracitadas, tendem a elevar a produtividade por área, sendo esse fator dependente do

desempenho animal. Essa afirmativa é verdadeira até o ponto em que a redução do recurso forrageiro disponível limita o consumo de forragem, e por consequência, compromete o desempenho animal (Mott, 1960; Cardoso et al., 2020).

A utilização de alimentação concentrada corresponde a uma importante ferramenta, proporcionando maior ingestão de MS e nutrientes, por consequência, maior desempenho animal, mesmo em taxas de lotação mais altas (Cardoso et al., 2020).

O entendimento das relações entre consumo total, de forragem e concentrado se tornam imprescindíveis. Moore (1980) relata sobre as interações existentes entre o consumo de forragem e de concentrado, e apresenta três efeitos: o aditivo, no qual há aumento no consumo total ao mesmo ponto em que o alimento concentrado é fornecido, e o consumo de forragem independe do nível de concentrado; o efeito combinado, onde o consumo de forrageira reduz, porém o consumo total aumenta; e o efeito substitutivo, onde o consumo se mantém, porém nas mesmas proporções que o consumo de concentrado aumenta, o consumo de forragem reduz.

A real função da suplementação para bovinos em pastejo, está na ação de suprir a demanda não atendida exclusivamente pelo pasto através do fornecimento de uma fonte de nutrientes adicionais para o sistema (Reis et al., 2012). Todavia, essa tecnologia nutricional permite a maximização do consumo de nutrientes visando atender as expectativas e os alvos de produtividade planejados, proporcionando maiores ganhos individuais, redução da idade de abate e fornecimento de aditivos ou promotores de crescimento via concentrado. Tais pontos abordados são extremamente importantes em todas as fases de vida do animal, mas tem sua importância maximizada na fase de terminação, etapa crítica e final de cadeia de produção dentro da porteira dos empreendimentos pecuários (Cardoso et al., 2020; Malafaia et al., 2021).

2.3. Estratégias de intensificação na fase de terminação

O aumento da massa corporal de um animal ocorre em uma sequência de fases

temporais, ou seja, fetal, nascimento a desmama e desmama até a puberdade, proporcionando fases com velocidades de crescimento diferentes, onde em cada etapa ocorre uma taxa característica de crescimento (Gottschall, 1999).

A fase de terminação corresponde a etapa em que o animal atinge a puberdade, ocorrendo uma inversão na curva de crescimento, onde se tem o aumento da deposição de tecido adiposo reduzindo proporcionalmente o depósito de tecido muscular (Oddy et al., 2019). Essa alteração promove um aumento na exigência nutricional de energia para ganho, isso ocorre em decorrência da menor eficiência por unidade de massa e maiores requerimentos energéticos para deposição de tecido adiposo comparativamente ao tecido muscular (Batt, 1980; Tedeschi et al., 2017).

Lana (1997) observou que a disponibilidade de 10kcal de energia possibilitou a deposição de 2,8g de tecido muscular e 0,7g de tecido adiposo, demonstrando que nessa situação os animais foram 4 vezes mais eficientes em depositar proteína em relação a gordura.

Aliado a esse aspecto, nessa fase os animais apresentam relação indireta do peso corporal e o consumo de matéria seca (MS), o que maximiza a dificuldade de atender os requerimentos nutricionais. Como os órgãos do trato digestivo, principalmente o rúmen, tem maturação anterior ao crescimento animal, o aumento da capacidade ingestiva não acompanha o aumento do peso corporal, comprometendo o consumo de MS proporcionalmente ao peso (Owens et al., 1993).

Outro ponto em menor escala, no entanto, de importância expressiva, corresponde a mecanismos de longo prazo de controle de consumo, como o aumento da concentração de leptina sanguínea que ocorre em virtude do aumento da adiposidade (Houseknecht et al., 1998). Em resposta ao aumento da deposição de gordura, ocorre maior secreção de leptina, promovendo maior fornecimento de ácidos graxos não esterificados para oxidação no fígado, contribuindo para a saciedade, e influenciando negativamente o consumo de alimento (Allen,

2014).

Todos esses aspectos de forma conjunta, caracterizam a fase da terminação de bovinos de corte como período de ampla sensibilidade e complexidade dentro dos sistemas de produção. Na pecuária intensiva, em grande parte dos sistemas, a fase de terminação pode ter início na segunda seca após a desmama (Ferrari et al., 2021). Sendo essa época do ano caracterizada pela limitação do recurso forrageiro, tanto em quantidade, quanto em qualidade, comprometendo o desempenho animal.

Estratégias como o fornecimento de volumoso suplementar (Pedreira e Pedreira, 2014), diferimento de pasto (Santos et al., 2016), sistemas integrados de produção (Carvalho et al., 2019), confinamento (Sampaio et al., 2017; Hoffmann et al., 2021), e suplementação com alimentos concentrados (Detmann et al., 2014), podem auxiliar a controlar essas limitações, proporcionando terminação mais rápida e eficiente desses animais.

Durante o período chuvoso sob manejos de pastagem bem ajustados, o aspecto de fornecimento quantitativo de forragem não representa um problema. No entanto, a forragem produzida nessa época pode ser definida como instável do ponto de vista nutricional, podendo proporcionar limitações no desempenho animal. Portanto, a inclusão de concentrados pode ser utilizada de forma estratégica visando aumento na produção e produtividade animal, propiciando melhoras no ambiente ruminal, maximização a eficiência de utilização da forragem colhida, além de promover o incremento de nutrientes limitantes ausentes na forragem (Figueiras et al., 2015).

De uma forma geral, o uso de concentrado para bovinos a pasto possui o objetivo de corrigir falhas nutricionais, extremamente importante na fase delicada de terminação, ou unicamente potencializar o desempenho animal (Detmann et al., 2014). Desta forma, permite reduzir a idade de abate, melhorar a qualidade da carne produzida, aumentar o desempenho dos animais e elevar a produtividade como um todo (Reis et al., 2012).

Detmann et al. (2014), evidenciam que a relação entre recursos forrageiros basais e suplementação devem ser entendidas em duas fases teóricas nutricionais diferentes. A primeira relacionada a maximização do consumo de pasto e uma segunda fase, onde um sistema de suplementação é adicionado ao sistema visando atender os requisitos nutricionais dos animais para atender as expectativas e os alvos de produção planejados, tal como a idade ao abate.

A utilização de altos volumes de concentrado na dieta durante estação chuvosa, devem ser trabalhados como alternativa para reduzir o período de engorda dos animais, além de propiciar altas taxas de lotação sem comprometer em grandes amplitudes os ganhos individuais, acarretando aumentos expressivos na produtividade. Tais aspectos são extremamente importantes em estratégias que objetivam atingir metas dentro de um sistema de produção de pecuária de corte. Portanto, a aplicação de tecnologias nutricionais nos sistemas de produção em pastagens deve compreender e explorar as interações entre forragem e concentrados com o objetivo de maximizar o desempenho produtivo e econômico dos sistemas pecuários (Romanzini et al., 2020; Malafaia et al., 2021). Nesse aspecto, programas nutricionais com a inclusão de volumes mais altos de alimentos concentrados ($>12 \text{ g.kg}^{-1}$ do PC) podem ser utilizados de forma estratégica na terminação.

Pensando em sistemas intensivos de produção, de forma mais ampla, não somente em animais em pastejo, na fase de terminação o sistema de confinamento detém destaque em programas nutricionais intensivos (Greenwood, 2021). No confinamento, os animais são agrupados em currais ou baias coletivas, onde a dieta completa é fornecida diretamente no cocho (Cardoso, 1996). Dessa forma os animais tendem a apresentar consumo superior, sendo possível a manipulação da dieta buscando índices produtivos mais elevados.

No entanto, esse sistema apresenta elevados custos de investimento, principalmente, em infraestrutura. Surge como alternativa a utilização da TIP, que visa a adição de grandes quantidades de concentrado, assim como o confinamento convencional, buscando desempenhos

produtivos similares, estando os animais em pastejo (Siqueira et al., 2014; Torrecilhas et al., 2021).

2.4. Terminação intensiva a pasto - TIP

Como resultado da pressão para que os sistemas pecuários brasileiros aumentem sua produtividade, a adoção de sistemas intensivos é de suma importância. Nesse cenário, o uso de suplementação associadas às pastagens correspondem a uma importante alternativa. Nessa tecnologia nutricional se tem o fornecimento de altos volumes de alimento concentrado ($>12 \text{ g.kg}^{-1}$ do PC), no entanto, estando os animais ainda na pastagem.

Diversas são as denominações empregadas para essa tecnologia, dentre elas terminação intensiva a pasto (TIP), confinamento a pasto, confinamento Expresso, entre outras. No entanto, alguns desses termos apresentam-se inconsistentes. Segundo o Dicionário de Português Aurélio (Ferreira, 2010) define-se confinamento como a ação de restringir o movimento de um sistema físico a uma região do espaço. Conforme Cardoso (1996) o sistema de confinamento corresponde a criação de bovinos em que animais são terminados em piquetes ou currais com área restrita. De forma geral, em confinamento convencional é usual adotar densidades de 15 a $30 \text{ m}^2 \text{ animal}^{-1}$ (Silvestre e Millen, 2021).

Hoffmann et al. (2021) trabalhando com machos Nelore, recebendo em média 1,50% do PC em concentrado, em pastagens de *Urochloa brizantha* cv. Marandu diferidas, observaram taxa de lotação média de $2,5 \text{ UA ha}^{-1}$, o que corresponde a uma densidade de $3.558,72 \text{ m}^2 \text{ animal}^{-1}$, evidenciando a denominação de “confinamento a pasto ou expresso” pouco coerente em questões de conceito, haja vista que nos sistemas a pasto não se observa restrição de área acentuada como nos confinamentos convencionais, sendo o termo TIP, terminação intensiva a pasto, um termo mais consistente.

Na TIP explora-se o efeito combinado descrito por Moore (1980), com aumento do

consumo total de energia, reduzindo o consumo de pasto, em resposta ao nível de inclusão do alimento concentrado. Nesse sistema, o pasto passa a atuar principalmente, como fonte de fibra fisicamente efetiva (FDNfe) visando a manutenção da saúde ambiente ruminal. Nesse aspecto, com a inclusão de níveis cada vez mais crescentes de concentrado, a forragem passa a ocupar pequena porção da dieta dos animais, aumentando o consumo de nutrientes, que por sua vez permitem maiores desempenhos individuais e maiores taxas de lotação, visando manter as métricas de manejo de pastagem, proporcionando aumentos expressivos de produtividades (Russell et al., 1992; Moretti, 2015).

A utilização de dietas com altos volumes de alimento concentrado podem alterar a composição corporal dos animais através da redução da participação do conteúdo ruminal em relação ao peso corporal, permitindo aumento no rendimento de carcaça, influenciando diretamente o ganho diário em carcaça dos bovinos terminados, sendo que a dimensão dessas alterações dependem do nível de concentrado da dieta (Pesonen et al., 2014). Na cinética de digestão ruminal, um mínimo de FDNfe torna-se necessário para manter a sanidade do rúmen, no entanto, o consumo de menor proporção de fibra pode afetar diretamente o tempo de retenção ruminal e as taxas de digestão e passagem, sendo o animal capaz de modular, em um longo prazo, a proporção e tamanho do rúmen em função da proporção do conteúdo de fibra da dieta (Van Soest, 1994).

Em virtude disso, na TIP os animais apresentam rendimento do ganho, que corresponde a proporção do ganho de peso vivo em ganho de carcaça, superior até mesmo de animais em confinamento convencional, 82,8% e 69,4%, respectivamente, recebendo 1,5% do PC em concentrado em ambos os sistemas de terminação (Hoffmann et al., 2021). Na TIP os animais são responsáveis por modular as necessidades de fibra através do consumo de pasto, possíveis de serem superestimadas em formulações, como pode ocorrer no confinamento.

Por não haver fornecimento de alimento volumoso na dieta, tem-se maior facilidade na

logística de fornecimento, bem como, tornar possível a utilização de apenas um momento de oferta da dieta ao longo do dia, otimizando mão-de-obra nas operações. Outro ponto importante, muito por conta do ambiente natural de pastagem em que os animais são mantidos, observa-se melhores resultados em indicadores animais e ambientais, além de menor estresse e redução dos problemas de saúde entre os animais (Lee et al., 2013; Lobato et al., 2014).

No entanto, em um cenário cada vez mais competitivo com amplas variações nos insumos como o milho, e custos mais altos da utilização de programas nutricionais mais intensivos, além do estreitamento da margem de lucro da pecuária e competitividade com outros setores do agronegócio, a adoção e a decisão do nível de concentrado torna indispensável que seu uso resulte em ganhos adicionais. Para isso, as decisões sobre a formulação e a quantidade de concentrado a ser utilizado no sistema de TIP deve levar em consideração a quantidade e a composição nutricional da forragem disponível, bem como as metas de produtividade previamente estabelecidas, sendo extremamente necessário uma análise minuciosa da viabilidade econômica do sistema de produção (Cardoso et al., 2020; Romanzini et al., 2020).

2.5. Uso de coprodutos de destilaria na alimentação de ruminantes

Na alimentação de ruminantes, a utilização de ingredientes menos onerosos e que não são consumidos pelo ser humano, tem ganhado cada vez mais destaque no cenário de produção pecuária de forma intensiva e sustentável (Cardoso et al., 2020). De acordo com o mercado atual, no Brasil tem-se a expressiva demanda por álcool, o qual é produzido principalmente, tendo a cana-de-açúcar como matéria prima. A produção de etanol a partir de cereais (em especial o milho) tem ganhado destaque, resultando também na produção de coprodutos, principalmente, o DDGS (“*dried distiller’s grains with solubles*”) que apresentam rica composição nutricional para a utilização na nutrição de animais domésticos (de Araújo et al., 2021).

Os Estados Unidos correspondem ao maior produtor de coprodutos a base de milho e etanol do mundo, e exportaram cerca de 11,6 milhões de toneladas de DDGS no ano de 2021 conforme a Associação de Combustíveis Renováveis (“*Renewable Fuels Association*”; RFA, 2022). O Brasil é o segundo maior produtor de etanol e tradicionalmente usa a cana-de-açúcar como matéria-prima. Entretanto, em períodos de entressafra algumas usinas utilizam, principalmente, o milho como matéria-prima alternativa na produção de etanol (Palowski et al., 2021). Algumas indústrias utilizam de forma exclusiva o milho para este fim, esse modelo tem-se destacado em especial em regiões produtoras do grão e com preços competitivos como no estado de Mato Grosso (Freitas e Miura, 2018).

Basicamente, o milho é convertido em álcool por meio de um processo com seis etapas (moagem, maceração, cozimento, hidrólise enzimática, fermentação e destilação), os resíduos que poderiam ser descartados, podem ser recuperados e aproveitados, obtendo-se o coproduto DDGS e suas diversas variações e denominações de acordo com a usina fabril (Oliveira et al., 2012). O emprego do milho como matéria prima para a produção de etanol apresenta rendimento industrial de 460 L de etanol anidro e 380 kg de DDG por tonelada de grão seco inserido no sistema (Wyman, 1996).

Devido ao processamento do milho, os teores de nutrientes resultantes no DDGS são aproximadamente 3 vezes amplificados em concentração (Shurson e Alghamdi, 2008), tornando-o pobre em amido, porém rico em proteína e fibra em detergente neutro (FDN) de fácil digestão (Lodge et al., 1996), podendo representar uma fonte viável de energia e proteína suplementar às dietas de bovinos.

O processo de produção de etanol a partir do milho pode ser realizado através da moagem a seco ou com água (Rausch et al., 2005). Após moído, a próxima etapa do processamento é a gelatinização, seguido do cozimento e da liquefação. O milho moído é encaminhado a um tanque de mistura (misturador) onde adiciona-se água e enzima, sob

aquecimento. Nesse momento a temperatura da massa é aumentada e enquanto o amido do milho absorve água do meio, a viscosidade do material aumenta e a enzima é adicionada. Essa fase é denominada gelatinização, onde a amilase, promove a hidrólise das moléculas de amido em glicose no processo (Stock et al., 2000).

Posteriormente vem o cozimento, onde ocorre adição de vapor na passagem da solução pelo equipamento. A temperatura da solução atinge até 110°C, temperatura esta que irá auxiliar a redução da aderência da solução e a eliminação de contaminantes microbiológicos. Após, ocorre a sacarificação e a fermentação. Faz-se a adição de levedura à solução para produção de álcool. Após a fermentação, a solução obtida é enviada ao tanque volante para posterior destilação.

Na primeira coluna de destilação separa-se a solução hidroalcoólica do restante dos componentes, ficando suspenso o produto da fermentação remanescente. Este é centrifugado e peneirado para remover as partículas de grão grossos. Essas partículas grossas são chamadas de WDG (“*wet distiller’s grains*”), que quando secas formam o DDG (“*dried distiller’s grains*”).

A fração líquida restante é enviada aos evaporadores para concentração da mistura e formação de um xarope de milho, os condensados solúveis da destilação (CSD), podendo ser adicionada ao WDG formando o WDGS (“*wet distiller’s grains with solubles*”) ou junto ao DDG, formando o DDGS (Stock et al. 2000; Kim et al., 2008).

Um dos desafios para a utilização do DDGS refere-se a amplitude de variação da composição nutricional e os níveis adequados de inclusão, dificultando a sua utilização na nutrição animal (Palowski et al., 2021). Os teores de nutrientes nos diferentes lotes de DDGS são variáveis em função da variedade e qualidade dos grãos processados, além de fatores relacionados ao processamento nas diferentes usinas (Buenavista et al., 2021).

O processo de extração do óleo de milho, tem se tornado comum nas usinas. O DDGS apresenta cerca de 12% de óleo, o método mais comum de extração é através da centrifugação,

sendo esse processo realizado anterior a etapa de secagem (Moreau et al., 2010). O óleo fornece cerca de 2,25 vezes mais energia em relação a carboidratos, levando a redução de NDT, o que afeta a sua inclusão. A intensidade e a efetividade com que cada indústria realiza o processo de extração desse componente afeta diretamente a composição final do DDGS (Buenavista et al., 2021).

A quantidade de solúveis condensados adicionados afeta a composição nutricional do DDGS. Os solúveis condensados são acrescidos nas frações de grãos, anterior ao processo de secagem, em proporções específicas diferentes entre cada planta de produção de etanol (Ganesan et al., 2005).

A etapa de secagem da massa de grãos destilados representa etapa crítica no processo, bem como no perfil nutricional do produto final. Dentre as variáveis que afetam a qualidade do DDGS incluem condições de mistura, configuração do secador e destacadamente tempo e temperatura de secagem. Altas temperaturas promovem alterações na composição do componente proteico do produto final, devido a formação de produtos da reação de *Maillard*. Aumentando progressivamente a porção de proteína não-degradável no rúmen (PNDR), no entanto, elevando a fração de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), porção indisponível de proteína ao animal. Cromwell et al. (1993) observaram que a proporção da fração de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) podem variar de 8,8 e 36,9% da quantidade de nitrogênio total, portanto a secagem inadequada pode impactar em até 40% da proteína total, prejudicando o valor nutricional.

O DDGS é tradicionalmente utilizado nos Estados Unidos, sendo utilizado há mais de 100 anos na formulação de ruminantes (Schingoethe et al., 2009). Ao contrário dos nutricionistas americanos, no Brasil os profissionais estão menos familiarizados com a composição nutricional do DDGS produzido e em sua maioria se fundamentam em dados de trabalhos realizados nos Estados Unidos para orientar a formulação das dietas (de Araújo et al.,

2021).

Considerando todos os fatores supracitados, o DDGS produzido no Brasil pode ter composição nutricional e características distintas do americano, sendo extremamente importante a condução de estudos em âmbito nacional.

2.6. Parâmetros sanguíneos em bovinos

Tendo em vista que ruminantes são animais habituados a digerirem fibras, o desafio metabólico diante do uso de estratégias nutricionais com alta inclusão de concentrados elevam os riscos do surgimento de transtornos metabólicos. O organismo de qualquer animal precisa estar em homeostase para que funcione corretamente, caso haja um desequilíbrio neste estado, o desempenho do animal pode ser limitado (González et al., 2000). Um desequilíbrio nutricional é capaz de desencadear a produção de uma série de compostos bioquímicos diferentes intencionalmente, para tentar conter os danos ao organismo causados pela interrupção da homeostase. Tal alteração, pode ser mensurada por meio da avaliação da composição bioquímica sanguínea (Téllez, 1994).

A bioquímica do plasma sanguíneo, traduz de forma autêntica, a situação metabólica de cada tecido do organismo animal, de tal modo, que permite analisar lesões teciduais, qualquer distúrbio funcional dos órgãos, adaptabilidade do animal perante as adversidades nutricionais e fisiológicas, e ainda, alterações metabólicas específicas ou de natureza nutricional (González e Scheffer, 2003). Em virtude disso, a avaliação do plasma sanguíneo pode servir de instrumento, com intuito de intervir, mediante o aparecimento de qualquer patologia.

Interpretar o perfil bioquímico é uma problemática, devido a sua complexidade, seja em relação a rebanhos quanto a indivíduos. Isso se dá em consequência dos mecanismos que controlam o nível de metabólitos no sangue, bem como a variação desses níveis em razão da idade, raça, estado fisiológico, dieta, estresse, clima e manejo (González e Scheffer, 2003).

A determinação das concentrações apropriadas para cada indicador bioquímico, permite estabelecer um parâmetro atestando que os processos bioquímicos compreendem a uma faixa homeostática do organismo (Wittwer, 2000).

Alguns destes parâmetros são indicadores do metabolismo energético como colesterol e glicose; do metabolismo proteico como proteínas totais, albumina, ureia e ácido úrico; e indicadores de lesão hepática como a AST (aspartato-aminotransferase), fosfatase alcalina e GGT (gama-glutamilttransferase) (Kaneko et al., 2008; Pinheiro et al., 2008; Cardoso et al., 2011) (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de referência de parâmetros metabólicos séricos de bovinos

Parâmetro	Variação	Referência
Proteínas totais	67,4 a 74,6 g/L ⁻¹	Kaneko et al., 2008
Ureia	23 a 58 mg/dL ⁻¹	Kaneko et al., 2008
Albumina	22 a 38 g/L ⁻¹	Kaneko et al., 2008
Ácido úrico	0 a 2 mg/dL ⁻¹	Kaneko et al., 2008
Glicose	45 a 90 mg/dL ⁻¹	González et al. 2006
Colesterol	90 a 170 mg/dL ⁻¹	Smith, 2009
Aspartato aminotransferase (AST)	<118 U.L ⁻¹	Kaneko et al., 2008
Alanina aminotransferase (ALT)	<130 U.L ⁻¹	Kaneko et al., 2008
Fosfatase alcalina	<300 U/L ⁻¹	Barini, 2007
Gama glutamilttransferase (Gama GT)	11 a 24 U.L ⁻¹	Kaneko et al., 2008

2.6.1. Indicadores do metabolismo proteico

As proteínas correspondem a macromoléculas amplamente abundantes nos seres vivos, desempenham diferentes funções, de acordo com o número, classe e sequência de aminoácidos que apresentam em suas unidades funcionais. Dentre suas funções destacam-se: contração, reserva, defesa, transporte, produção de enzimas, componente estrutural e síntese de hormônios. Elas podem ser classificadas em relação à sua forma, em fibrosas e globulares, e quanto à sua

solubilidade, em albuminas e globulinas, prolaminas, histonas e escleroproteínas (González et al., 2017).

Os principais indicadores bioquímicos proteicos correspondem as proteínas totais, albumina, ureia e ácido úrico (Russell e Roussel, 2007). A interpretação de suas concentrações varia de acordo com o estado fisiológico, manejo, alimentação e de saúde do rebanho avaliado.

O teor sérico de proteínas totais é constituído basicamente por um grande número de proteínas individuais. As principais proteínas plasmáticas compreendem a albumina, as globulinas e o fibrinogênio (Kaneko et al., 2008). O fígado é o principal responsável pela síntese das proteínas do sangue, estando a taxa de síntese diretamente relacionada ao estado nutricional do animal, principalmente os níveis de proteína da dieta e a vitamina A, além da função hepática (González e Scheffer, 2003).

A concentração de proteínas plasmáticas totais exibe um perfil reduzido quando há um quadro de falhas hepáticas, hemorragias, disfunções renais e intestinais, ou nutrição inadequada contendo teores proteicos menores que 10% (Kaneko et al., 2008).

González e Scheffer (2003) destacaram que a albumina é a proteína de maior concentração plasmática, contemplando 50% da totalidade de proteínas, sendo responsável por 80% da osmolaridade sanguínea, além de ser transportadora de ácidos graxos livres, metais, aminoácidos, hormônios e bilirrubina. Sua síntese ocorre no fígado, e é essencial para manutenção do pH no sangue (Contreras, 2000). Disfunções metabólicas do fígado refletem na concentração de albumina sérica reduzindo sua síntese, resultando em fatores negativos como: proteínas sendo absorvidas de maneira deficiente; proteínas sofrendo por degeneração excessiva; ou ambas.

Baixa concentração de albumina, aliada a redução dos níveis de ureia, indicam deficiência proteica. Ao passo que níveis elevados de albumina, acompanhados de teores aumentados ou normais de ureia, aliados a níveis de enzimas altos são indicadores de falha

hepática (Gonzáles e Scheffer, 2003).

A síntese de ureia também ocorre no fígado, sendo produto do catabolismo de aminoácidos e da reutilização da amônia ruminal. Os níveis desse parâmetro sanguíneo são analisados de acordo com o consumo proteico da dieta, e, a performance renal. A forma de excreção da ureia pode ser pelo intestino ou pelo leite (em menor amplitude), ocorrendo primordialmente através da urina. O acúmulo de ureia no plasma sanguíneo pode ser ocasionado pelo consumo elevado de proteína na dieta, caquexia, hemorragia no TGI, deficiência de filtração e/ou obstrução urinária (Gonzáles e Scheffer, 2003).

A ureia plasmática pode ser entendida como indicador do consumo de proteína, disponibilidade de proteína a nível ruminal e degradação de fontes proteicas. Animais com reduzidos níveis de ureia no sangue podem apresentar-se mais eficientes em fermentar os carboidratos no rúmen (Cabral et al., 2000). Além disso, a síntese de proteína microbiana no rúmen é maximizada quando há uma sincronia entre os aportes de matéria orgânica fermentável e proteína (nitrogênio) (Moscardini et al., 1998).

Entretanto, na baixa presença de compostos energéticos e excesso do fornecimento de nitrogênio, a concentração de amônia no rúmen se eleva. Essa amônia excedente transpassa o epitélio ruminal, chegando ao sistema porta-hepático, sendo convertida em ureia no fígado. Por esse aspecto, há uma forte correlação entre os níveis plasmáticos de ureia e a concentração de amônia ruminal (Hennessy e Nolan, 1988), demonstrando a sua funcionalidade como indicador na relação proteína:energia na dieta de bovinos.

O ácido úrico corresponde a um metabólito proteico oriundo das purinas endógenas ou das purinas absorvidas no intestino delgado, liberadas do metabolismo de ácidos nucleicos. Em ruminantes, este composto nitrogenado apresenta-se em pequenas quantidades no sangue, em decorrência de sua conversão em alantoína pela ação enzimática da uricase (Chen e Gomes, 1992).

Valores elevados de ácido úrico podem ocorrer devido distúrbios hepáticos inibidores da conversão do ácido úrico em alantoína, problemas endócrinos, neoplasias de células sanguíneas (leucemias e linfomas), aumento da reciclagem de ácidos nucleicos, hipotireoidismo, insuficiência renal e intoxicação (Kaneko et al., 2008).

Contreras (2000) determinaram que quando os indicadores proteicos se apresentam, eventualmente, fora do intervalo de referência, configura de forma clara que o sistema precisa ser analisado minuciosamente, a fim de corrigir a alimentação, o manejo e a sanidade do rebanho, diminuindo as chances de insucesso da produção e da rentabilidade.

2.6.2. Indicadores do metabolismo energético

O perfil metabólico energético evidencia a dimensão do balanço energético animal. A partir desses indicadores é possível evitar que restrições alimentares severas possam causar danos de forma irreversível aos animais, identificando deficiências energéticas que possam comprometer o processo produtivo. Dentre os metabólitos sanguíneos mais utilizados para a análise do perfil energético estão a glicose e os ácidos graxos não esterificados ou livres, tal como o colesterol (Bide, 1978).

A glicose, dentre os vários metabólitos utilizados é considerada o mais importante combustível para a oxidação respiratória, sendo essencial em funções como o metabolismo no cérebro e lactação. A concentração plasmática de glicose pode evidenciar doenças como as cetoses, oriundas de falhas na homeostase (Gonzáles et al., 2017).

Na digestão de ruminantes, grande parte do fornecimento de glicose é realizado através da gliconeogênese no fígado, a partir de moléculas precursoras. Portanto, pouca glicose proveniente do alimento originalmente consumido entra na corrente sanguínea (Gonzáles e Scheffer, 2003). O ácido propiônico representa cerca de 50% dos requerimentos de glicose, sendo o ácido láctico, os aminoácidos gliconeogênicos e o glicerol importantes precursores

(González et al., 2017).

Em função dos mecanismos homeostáticos amplamente eficientes do organismo, o teor de glicose sanguíneo apresenta poucas variações, estes mecanismos envolvem o controle endócrino dos glicocorticóides sobre a gliconeogênese e da insulina e do glucagon sobre o glicogênio. Em decorrência disso, a dieta representa pouco efeito sobre a glicemia, com exceção em animais com severa desnutrição. No entanto, sua inclusão no perfil metabólico justifica-se por ser um metabólico vital para as necessidades energéticas (González et al., 2000).

A concentração de glicose pode variar em bovinos de corte, em função da idade, com níveis basais para animais mais velhos e valores mais altos em animais jovens que demandam para manutenção das funções vitais (Saraiva, 2017).

O colesterol nos animais pode ser tanto de origem endógena, sendo sintetizado, a partir do acetil-CoA, no fígado, na glândula adrenal, nas gônadas, no intestino e na pele, ou mesmo de origem exógena, proveniente da dieta. A ingestão de colesterol exógeno é responsável pela inibição da biossíntese endógena (González e Scheffer, 2003).

O colesterol é precursor da síntese de hormônios esteroides, sais biliares e vitamina D e é componente de membrana celular. Além disso, é constituinte das lipoproteínas que atuam no transporte de lipídios no organismo (Kaneko et al., 2008).

Altos níveis de colesterol sérico apontam um cenário de balanço energético positivo (Kaneko et al., 2008), e ainda, lipidose hepática, colestase e obstrução biliar extra-hepática em herbívoros, ao passo que, em baixos níveis, apontam um balanço energético negativo, e ainda, graves lesões do parênquima hepático devido a cirrose (Santos et al., 2007; Kuntz e Kuntz, 2002; Pimentel et al., 2013).

2.6.2. Indicadores do metabolismo enzimático

Diversas enzimas séricas têm sido avaliadas em animais para identificar potencial de

utilização como ferramenta de diagnóstico de doenças (Kaneko et al., 2008). De uma forma geral, são observados aumentos na atividade de uma determinada enzima quando são provocadas lesões ao organismo, rupturas ou necrose das células do tecido ou órgão que contém referida enzima. As atividades reais das mesmas dependem do contrabalanço entre a taxa e a extensão da lesão celular, juntamente com excreção ou catabolismo (Kerr, 2003).

O aumento da atividade enzimática sérica pode ser decorrente da indução ou do extravasamento da produção. Estando presentes nas membranas celulares, as enzimas de indução são estimuladas a serem produzidas em maior quantidade, resultando em aumento da atividade no soro. Já enzimas de extravasamento são liberadas quando a lesão celular altera as membranas da célula, posteriormente atingem o espaço extracelular e em seguida, o sangue. Seu aumento pode ser detectado logo em seguida, nas primeiras horas após a lesão. As enzimas de extravasamento se extravasam após a lesão celular, encontram-se presentes no citosol e/ou organelas (Thrall et al., 2015).

Dentre os indicadores do perfil enzimáticos pode-se citar: aspartato-aminotransferase (AST), a alanina-aminotransferase (ALT) ou transaminase glutâmica pirúvica (TGP), a fosfatase alcalina e a gama glutamiltransferase (GGT) (Kaneko et al., 2008).

A AST se faz presente em diversos tecidos como nos músculos esquelético e cardíaco, nos eritrócitos e principalmente no fígado (Santos et al., 2007). Presume-se que a elevação da AST sérica ocorre devido a lesão hepática grave e difusa, particularmente associada a icterícia (Meyer et al., 1995).

Cerca de 80% da AST está presente na mitocôndria, enquanto a ALT é encontrada em maiores proporções no citoplasma do hepatócito. As diferentes concentrações têm auxiliado no entendimento, bem como no diagnóstico de doenças hepáticas. Em danos a nível celular nos hepatócitos de forma leve, a enzima citoplasmática é predominante no soro, enquanto em lesões graves, ocorre aumentos dos níveis da enzima mitocondrial (Motta, 2003).

A fosfatase alcalina (ALP) é uma enzima de membrana distribuída de forma ampla no organismo sendo essencialmente no fígado, túbulos renais, tecido ósseo e intestino, no entanto, não é configurada como enzima hepato-específica (Kerr, 2003). Quando há a ocorrência de um transtorno hepático, logo nota-se o aumento funcional da ALP no sangue como um reflexo da obstrução dos canalículos biliares. A ação da ALP é até 3 vezes menor em animais mais velhos, salvo que em animais jovens há quantidade elevada de isoenzimas ósseas da ALP contidas nos ossos dos mesmos pois estão em crescimento (Kaneko et al., 2008).

Com exceção das células musculares, a enzima GGT pode ser encontrada em todas as outras células, exercendo sua atividade em maior amplitude no fígado e rins, no entanto, apenas a GGT originalmente hepática marca presença no plasma sanguíneo (Santos et al., 2007). Altas concentrações desse parâmetro no plasma são oriundas de distúrbios hepatobiliares e na urina, porém, na ocasião de lesão tubular aguda, esse aumento da GGT não ocorre no sangue e sim na urina (Meyer e Harvey, 2004). Em outro panorama, a atividade dessa enzima pode estar aliada a idade do animal, onde segundo Radostits (2002) e Ježek et al. (2006), variações de concentração acerca do intervalo entre o nascimento até a fase adulta de bezerros são observadas, podendo ter alta relação com o colostro.

2.7. Utilização de técnicas *in vitro* para predição da digestibilidade de alimentos

O consumo de alimentos e o seu aproveitamento por intermédio dos animais influencia a produção animal, por esse motivo, o conhecimento da composição química, bromatológica e da digestibilidade dos ingredientes se torna fundamental, visto que esses fatores irão influenciar na resposta dos animais em relação ao alimento oferecido e consequentemente, em seu desempenho. Em síntese a resulta dessas composições determinará o valor nutritivo da dieta, sendo assim, para que se obtenha um adequado valor nutricional, faz-se o necessário a oferta da demanda nutricional animal de forma correta e adequada digestibilidade (Silva et al., 2014).

A parcela do ingrediente que será degradado e posteriormente absorvido é conhecida como o processo de digestibilidade, esta que não é expelida pelas fezes do animal. A granulometria, a taxa de passagem e a composição química são alguns dos aspectos que interferem na taxa de degradação do alimento e por isso, pesquisadores desenvolveram técnicas capazes de prever o coeficiente de degradabilidade, para tanto, as técnicas disponíveis para avaliação desse fator são as dos métodos *in vivo*, *in situ* e *in vitro* (Silva et al., 2014).

O método *in vivo* é o que dispõe de maior precisão, porém, é uma das técnicas mais onerosas, exigindo maior quantidade de animais e alimento, além de uma grande porção de amostras para análise, conseqüentemente, demandando um período maior de tempo, tornando dificultada a sua utilização em avaliações de rotina (Senger et al., 2007). Por esses aspectos, é importante o uso de métodos que possuam menores custos, de simples aplicação e que estimem precisamente a digestibilidade dos alimentos (Silva et al., 2014).

A técnica de digestibilidade *in vitro* para avaliação laboratorial da digestibilidade, acaba sendo mais vantajosa do que as demais disponíveis. Quando comparada à técnica *in situ*, o fato desta não apresentar uma padronização nos ensaios, já que é realizada mediante a sacos de náilon no interior do rúmen, sendo removidos em determinados intervalos de tempo e estimados pela diferença residual, faz com que a técnica *in vitro* possua melhor precisão, manejo facilitado e manifestando resultados satisfatórios, principalmente por ser de menor custo e maior rapidez quando comparada com a técnica *in vivo*. Não só isso, ainda permite o alcance de dados de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) e ácidos graxos de cadeia curta (Senger et al., 2007; Oliveira et al., 2014).

Para Bueno et al. (2008), os ensaios de produção de gases utilizando o método *in vitro* são baseados na simulação das fermentações decorrentes no rúmen e para isso, utiliza-se frascos de vidro inoculados com microrganismos ruminais. Esta técnica, tem como objetivo analisar os efeitos dos ingredientes e/ou da dieta que dispõem sobre fatores bioativos na fermentação e na

degradabilidade da matéria orgânica (MO). Juntamente a isto está o estudo da produção de metano no rúmen (Longo et al., 2006).

Williams (2000) comenta que a primeira técnica de produção de gases *in vitro* foi elaborada em 1974, mas Menke et al. (1979), revela que só foi registrada 5 anos após seu descobrimento. Naquele momento, a incubação era feita com seringas deixadas no sentido horizontal, em rotação e com 39° C de temperatura. A produção cumulativa de gases era lida em determinados intervalos de tempo por meio das alterações do embolo da seringa utilizada. Seguidamente, observaram que existia uma grande correlação em 24 horas entre a produção de gases e a digestibilidade da MO *in vivo*. A sensibilidade dessa técnica é reduzida conforme a baixa taxa de produção de gases advindas dos alimentos. Com o passar dos anos, Pell e Schofield (1993) e Theodorou et al. (1994), proveram ajustes nesse método.

Oliveira et al. (2014), descreveu esse procedimento em 3 fases seguindo uma curva sigmoide para o fator digestibilidade, onde a 1ª fase (latência) foi de maneira lenta e sem produção de gases, já na 2ª fase (exponencial) foi rapidamente produzido gases e na 3ª fase (assintótica) houve uma diminuição na produção de gases, sendo capaz de chegar a 0, dependendo o tempo de incubação.

Ao passar de décadas, mais pontualmente nos anos 2000, Mauricio et al. (1999), desenvolveram o método de produção de gases *in vitro* semiautomática (PGIVSA), de maneira que possuísse um grau mais elevado de automatização e exatidão do que o método convencional. Com isso, é legitimado a capacidade de descrever a cinética da fermentação ruminal, a taxa e a extensão da fermentação dos alimentos e a síntese da proteína microbiana (Getachew et al., 1998; Arbabi et al., 2017).

Logo, ao considerarmos as principais técnicas para a avaliação de digestibilidade destinadas aos animais ruminantes, nota-se que o método de produção de gases *in vitro* é eficiente e preciso.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS REVISÃO

- ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Beef Report – Perfil da Pecuária no Brasil. 2021. Disponível em: < <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2021/> >. Acesso em: 04 de janeiro de 2022.
- ALLEN, M. S. Drives and limits to feed intake in ruminants. **Animal Production Science**, vol. 54, p. 1513-1524, 2014. doi: <https://doi.org/10.1071/AN14478>.
- ARBABI, S., GHORCHI, T., RAMZANPOUR, S. Use of an *in vitro* rumen gas production technique to evaluate the nutritive value of five forage to concentrate ratios. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, vol. 7, p. 249-257, 2017.
- BARBERO, R. P., MALHEIROS, E. B., ARAÚJO, T. L. R., NAVE, R. L. G., MULLINIKS, J. T., BERCHIELLI, T. T., RUGGIERI, A. C., REIS, R. A. Combining Marandu grass grazing height and supplementation level to optimize growth and productivity of yearling bulls. **Animal Feed Science and Technology**, vol. 209, p. 110-118, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.09.010>.
- BARINI, A. C. Bioquímica Sérica de bovinos (*Bos taurus*) sadios da raça Curraleiro de diferentes idades. Dissertação (M. SC.). Escola Veterinária da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.
- BATT, R. A. L. Influences on animal growth and development. (Edward Arnold: London), 1980.
- BERGER, L., SINGH, V. Changes and evolution of corn coproducts for beef cattle. **Journal of Animal Science**, vol. 88, p. E143-E150, 2010. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2526>.
- BIDE, R. W. Metabolic profiles of beef cattle--the literature contains many studies and a great deal of data. **The Canadian Veterinary Journal**, vol. 19, p. 344-345, 1978.
- BUENAVISTA, R. M. E., SILIVERU, K., ZHENG, Y. Utilization of Distiller's dried grains with solubles: A review. **Journal of Agriculture and Food Research**, vol. 5, p. 100195, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100195>.
- BUENO, I. C. S., VITTI, D. M. S. S., LOUVANDINI, H., ABDALLA, A. L. A new approach for *in vitro* bioassay to measure tannin biological effects based on a gas production technique. **Animal Feed Science and Technology**, vol. 141, p. 153-170, 2008. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.04.011>.
- CABRAL, L., VALADARES FILHO, S., MALAFAIA, P. A. M. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 29, p. 2087-2098, 2000.
- CARDOSO, A. D., BARBERO, R. P., ROMANZINI, E. P., TEOBALDO, R. W., ONGARATTO, F., FERNANDES, M. H., RUGGIERI, A. C., REIS, R. A. Intensification: A Key Strategy to Achieve Great Animal and Environmental Beef Cattle Production Sustainability in *Brachiaria* Grasslands. **Sustainability**, vol. 12, p. 6656, 2020. doi: <https://doi.org/10.3390/su12166656>.
- CARDOSO, E. G. **Engorda de bovinos em confinamento - Aspectos gerais**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, p. 36, 1996.
- CARVALHO, P., DOMICIANO, L., MOMBACH, M., NASCIMENTO, H., SILVA CABRAL, L., SOLLENBERGER, L., PEREIRA, D., PEDREIRA, B. Forage and animal production on palisadegrass pastures growing in monoculture or as a component of integrated crop–livestock–forestry systems. **Grass and Forage Science**, vol. 74, p. 650-660, 2019. doi: <https://doi.org/10.1111/gfs.12448>.
- CHEN, X., GOMES, M. Estimation of Microbial Protein Supply to Sheep and Cattle Based on Urinary Excretion of Purine Derivatives – An Overview of Technical Details. **Aberdeen: Rowett Research Institute/International Feed Research Unit**, 1992.

- COSTA, C. M., DIFANTE, G. S., COSTA, A. B. G., GURGEL, A. L. C., FERREIRA JR, M. A., SANTOS, G. T. Grazing intensity as a management strategy in tropical grasses for beef cattle production: a meta-analysis. **Animal**, vol. 15, p. 100192, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100192>.
- CONTRERAS, P.A. Indicadores do metabolismo protéico utilizados nos perfis metabólicos de rebanhos. In: GONZÁLEZ, F.H.D., DUR, J.W.; FINTANELI, R.S. **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre: [s.n.], 2000. p. 23-30.
- CROMWELL, G. L., STAHLY, T. S., COFFEY, R. D., MONEGUE, H. J., RANDOLPH, J. H. Efficacy of phytase in improving the bioavailability of phosphorus in soybean meal and corn-soybean meal diets for pigs. **Journal of Animal Science**, vol. 71, p. 1831-1840, 1993. doi: <https://doi.org/10.2527/1993.7171831x>.
- DE ARAÚJO, T. L. D. R., DA SILVA, W. L., BERÇA, A. S., CARDOSO, A. D. S., BARBERO, R. P., ROMANZINI, E. P., REIS, R. A. Effects of Replacing Cottonseed Meal with Corn Dried Distillers' Grain on Ruminal Parameters, Performance, and Enteric Methane Emissions in Young Nellore Bulls Reared in Tropical Pastures. **Animals**, vol. 11, p. 2959, 2021. doi: <https://doi.org/10.3390/ani11102959>.
- DETMANN, E., PAULINO, M., VALADARES FILHO, S., HUHTANEN, P. Nutritional aspects applied to grazing cattle in the tropics: A review based on Brazilian results. **Semina: Ciências Agrárias**, vol. 35, p. 2829, 2014. doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2829>.
- EUCLIDES, V., MONTAGNER, D., MACEDO, M., ARAÚJO, A., DIFANTE, G., BARBOSA, R. Grazing intensity affects forage accumulation and persistence of Marandu palisadegrass in the Brazilian savannah. **Grass and Forage Science**, vol. 74, p. 450-462, 2019. doi: <https://doi.org/10.1111/gfs.12422>.
- FAO, 2021. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. The State of Food Security and Nutrition in the World. Disponível em: <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/en/>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.
- FERRARI, A. C., LEITE, R. G., FONSECA, N. V. B., ROMANZINI, E. P., CARDOSO, A. D. S., BARBERO, R. P., COSTA, D. F. A., RUGGIERI, A. C., REIS, R. A. Performance, nutrient use, and methanogenesis of Nellore cattle on a continuous grazing system of *Urochloa brizantha* and fed supplement types varying on protein and energy sources. **Livestock Science**, vol. 253, p. 104716, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104716>.
- FERREIRA, A. B. H. **Dicionário da língua portuguesa**. 5.ed. Curitiba: Positivo, p.2222, 2010.
- FIGUEIRAS, J., DETMANN, E., VALADARES FILHO, S., PAULINO, M., BATISTA, E., RUFINO, L., VALENTE, T., REIS, W., FRANCO, M. Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante o período de transição seca-águas recebendo suplementação proteica. **Archivos de Zootecnia**, vol. 64, p. 269, 2015. doi: <https://doi.org/10.21071/az.v64i247.401>.
- FOLBERTH, C., KHABAROV, N., BALKOVIČ, J., SKALSKÝ, R., VISCONTI, P., CIAIS, P., JANSSENS, I. A., PEÑUELAS, J., OBERSTEINER, M. The global cropland-sparing potential of high-yield farming. **Nature Sustainability**, vol. 3, p. 281-289, 2020. doi: <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0505-x>.
- FREITAS, S. M.; MIURA, M. Situação Atual e Perspectivas da Produção Brasileira de Etanol de Milho. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v. 15, p. 1-5, 2018.
- GANESAN, V., A. ROSENTRATER, K., MUTHUKUMARAPPAN, K. Effect of Moisture content and Soluble levels on the Physical and Chemical Properties of DDGS. In. St. Joseph, MI. ASAE, 2005
- GETACHEW, G., BLÜMMEL, M., MAKAR, H. P. S., BECKER, K. *In vitro* gas measuring

- techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. **Animal Feed Science and Technology**, vol. 72, p. 261-281, 1998. doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00189-2](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00189-2).
- GONZÁLEZ, F.H.D., DUR, J.W.; FINTANELI, R.S. **Perfil Metabólico em Ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Gráfica UFRGS, Porto Alegre, 2000.
- GONZÁLEZ, F.H.D., SILVA, S.C. Introdução à bioquímica veterinária. 3.ed. rev. e ampl. Porto Alegre, Brasil, Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017. 538p.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; SCHEFFER, J.F.S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: **Anais... I Simpósio de Patologia Clínica Veterinária da Região Sul do Brasil**. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 73-89, 2003.
- GOTTSCHALL, C. S. Impacto nutricional na produção de carne e curva de crescimento. In: LOBATO, J. F. P.; BARCELLOS, J. O. J.; KESSLER, A. M. **Produção de bovinos de corte**. p. 169-192, 1999.
- GREENWOOD, P. L. Review: An overview of beef production from pasture and feedlot globally, as demand for beef and the need for sustainable practices increase. **Animal**, vol. 15, p. 100295, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100295>.
- GRIFFIN, W. A., KLOPFENSTEIN, T. J., STALKER, L. A., ERICKSON, G. E., MUSGRAVE, J. A., FUNSTON, R. N. The effects of supplementing dried distillers grains to steers grazing cool-season meadow. **The Professional Animal Scientist**, vol. 28, p. 56-63, 2012. doi: [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30315-6](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30315-6).
- HENNESSY, D., NOLAN, J. Nitrogen kinetics in cattle fed a mature subtropical grass hay with and without protein meal supplementation. **Australian Journal of Agricultural Research**, vol. 39, p. 1135-1150, 1988. doi: <https://doi.org/10.1071/AR9881135>.
- HOFFMANN, A., BERÇA, A. S., CARDOSO, A. D. S., FONSECA, N. V. B., SILVA, M. L. C., LEITE, R. G., RUGGIERI, A. C., REIS, R. A. Does the Effect of Replacing Cottonseed Meal with Dried Distiller's Grains on Nellore Bulls Finishing Phase Vary between Pasture and Feedlot? **Animals**, vol. 11, p. 85, 2021. doi: <https://doi.org/10.3390/ani11010085>.
- HOUSEKNECHT, K. L., BAILE, C. A., MATTERI, R. L., SPURLOCK, M. E. The biology of leptin: a review. **Journal of Animal Science**, vol. 76, p. 1405-1420, 1998. doi: <https://doi.org/10.2527/1998.7651405x>.
- JEŽEK, J., KLOPČIČ, M., KLINKON, M. Influence of age on biochemical parameters in calves. **Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy**, vol. 50, p. 211-214, 2006.
- KANEKO, J.J., HARVEY, J.W., BRUSS, M.L. Clinical Biochemistry of Domestic Animals, 6th ed. San Diego: Academic Press. 916p, 2008.
- KERR, G.M. **Exames laboratoriais em Medicina Veterinária**, ed.2, p.436. São Paulo, Roca, 2003.
- KIM, Y., MOSIER, N. S., HENDRICKSON, R., EZEJI, T., BLASCHEK, H., DIEN, B., COTTA, M., DALE, B., LADISCH, M. R. Composition of corn dry-grind ethanol by-products: DDGS, wet cake, and thin stillage. **Bioresource Technology**, vol. 99, p. 5165-5176, 2008. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.09.028>.
- KLOPFENSTEIN, T. J., ERICKSON, G. E., BREMER, V. R. Board-Invited Review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. **Journal of Animal Science**, vol. 86, p. 1223-1231, 2008. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0550>.
- KUNTZ, E., KUNTZ, H.D. **Hepatology: Principles and practice**, ed.2, p.825. Springer-Verlag: New York, USA, 2002.
- LANA, D. P. Fatores condicionantes e predisponentes de puberdade e da idade de abate. In: Simpósio Sobre Pecuária de Corte, FEALQ, **Anais...** p. 41-78, 1997.
- LEE, C., FISHER, A. D., COLDITZ, I. G., LEA, J. M., FERGUSON, D. M. Preference of beef cattle for feedlot or pasture environments. **Applied Animal Behaviour Science**, vol. 145,

- p. 53-59, 2013. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.03.005>.
- LOBATO, J. F. P., FREITAS, A. K., DEVINCENZI, T., CARDOSO, L. L., TAROUÇO, J. U., VIEIRA, R. M., DILLENBURG, D. R., CASTRO, I. Brazilian beef produced on pastures: Sustainable and healthy. **Meat Science**, vol. 98, p. 336-345, 2014. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.022>.
- LODGE, S.; KLOPFENSTEIN, S. T.; STOCK, R.; HEROLD, D. **Use of direct fedmicrobials to alleviate subacute acidosis**. Lincoln: University of Nebraska, Institute of Agriculture and Natural Resources, 1996.
- LONGO, C., BUENO, I. C. S., NOZELLA, E. F., GODDOY, P. B., CABRAL FILHO, S. L. S., ABDALLA, A. L. The influence of head-space and inoculum dilution on *in vitro* ruminal methane measurements. **International Congress Series**, vol. 1293, p. 62-65, 2006. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ics.2006.03.017>.
- MALAFAIA, G. C., MORES, G. D. V., CASAGRANDA, Y. G., BARCELLOS, J. O. J., COSTA, F. P. The Brazilian beef cattle supply chain in the next decades. **Livestock Science**, vol. 253, p. 104704, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104704>.
- MAURICIO, R. M., MOULD, F. L., DHANOA, M. S., OWEN, E., CHANNA, K. S., THEODOROU, M. K. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, vol. 79, p. 321-330, 1999. doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00033-4](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00033-4).
- MCMANUS, C., BARCELLOS, J. O. J., FORMENTON, B. K., HERMUCHE, P. M., CARVALHO, O. A. D., JR., GUIMARÃES, R., GIANEZINI, M., DIAS, E. A., LAMPERT, V. D. N., ZAGO, D., NETO, J. B. Dynamics of Cattle Production in Brazil. **Plos ONE**, vol. 11, p. e0147138, 2016. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147138>.
- MENKE, K. H., RAAB, L., SALEWSKI, A., STEINGASS, H., FRITZ, D., SCHNEIDER, W. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. **The Journal of Agricultural Science**, vol. 93, p. 217-222, 1979. doi: <https://doi.org/10.1017/S0021859600086305>.
- MEYER, D.J., COLES, E.H., RICH, L.J. **Medicina de laboratório veterinário: interpretação e diagnóstico**. São Paulo: Roca. 308p, 1995.
- MEYER, D.J., HARVEY, J.W. **Veterinary laboratory medicine: interpretation & diagnosis**. 2 ed. Philadelphia: Saunders. 351p, 2004.
- MOREAU, R. A., HICKS, K. B., JOHNSTON, D. B., LAUN, N. P. The Composition of Crude Corn Oil Recovered after Fermentation via Centrifugation from a Commercial Dry Grind Ethanol Process. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, vol. 87, p. 895-902, 2010. doi: <https://doi.org/10.1007/s11746-010-1568-z>.
- MORETTI, Matheus Henrique. Estratégias alimentares para a recria e terminação de tourinhos nelore. **(Tese de Doutorado)** – Universidade Estadual Paulista/ Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015.
- MOORE, J. E. Forage crops. In: HOVELAND, C.S. (Ed.). **Crop quality, storage, and utilization**. Madison: Crop Science Society of America, 1980.
- MOSCARDINI, S., WRIGHT, T. C., LUIMES, P. H., MCBRIDE, B. W., SUSMEL, P. Effects of rumen-undegradable protein and feed intake on purine derivative and urea nitrogen: comparison with predictions from the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. **Journal of Dairy Science**, vol. 81, p. 2421-2429, 1998. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)70133-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)70133-X).
- MOTA, V. A. C., FERNANDES, R. M., PRADOS, L. F., ALVES NETO, J. A., BERTI, G. F., RESENDE, F. D., SIQUEIRA, G. R. Relationship between gain rate during the growing phase and forage allowance in the finishing phase in Nellore cattle. **Tropical Animal Health and Production**, vol. 52, p. 1881-1891, 2020. doi: <https://doi.org/10.1007/s11250->

[020-02205-w.](#)

- MOTTA, V.T. **Bioquímica Clínica para o Laboratório: princípios e interpretações**. 4 ed. São Paulo: Robe. 419p, 2003.
- MOTT, G. O. Grazing pressure and the measurement of pasture production, International Grassland Congress. 1960.
- NUNES, A. V., PERES, C. A., CONSTANTINO, P. D. A. L., SANTOS, B. A., FISCHER, E. Irreplaceable socioeconomic value of wild meat extraction to local food security in rural Amazonia. **Biological Conservation**, vol. 236, p. 171-179, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.05.010>.
- ODDY, V. H., DOUGHERTY, H. C., OLTJEN, J. W. Integration of energy and protein transactions in the body to build new tools for predicting performance and body composition of ruminants. **Animal Production Science**, vol. 59, p. 1970-1979, 2019. doi: <https://doi.org/10.1071/AN19229>.
- OLIVEIRA, J., ZHUO, C., LEVENDIS, Y., ALBERTO, J., TENÓRIO, J. Síntese de nanomateriais de carbono a partir do resíduo de milho (DDGS). **Química Nova**, vol. 35, 2012. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000800008>.
- OLIVEIRA, V.S., VALENÇA, R.L., SANTANA NETO, J.A., SANTANA, J.C.S., SANTOS, C.B., LIMA, I. G.S. Utilização da técnica de produção de gás *in vitro* para estimar a digestibilidade dos alimentos. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, v. 23, 2014.
- ONU, 2019. Organização das Nações Unidas. **The world population prospects 2019: highlights**. Disponível em: < https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.
- OWENS, F. N., DUBESKI, P., HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, vol. 71, p. 3138-3150, 1993. doi: <https://doi.org/10.2527/1993.71113138x>.
- PALOWSKI, A., YANG, Z., JANG, J., DADO, T., URRIOLA, P. E., SHURSON, G. C. Determination of *in vitro* dry matter, protein, and fiber digestibility and fermentability of novel corn coproducts for swine and ruminants. **Translational Animal Science**, vol. 5, p. txab055, 2021. doi: <https://doi.org/10.1093/tas/txab055>.
- PARSONS, A. J., JOHNSON, I. R., HARVEY, A. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. **Grass and Forage Science**, vol. 43, p. 49-59, 1988. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1988.tb02140.x>.
- PEDREIRA, C.G.S., PEDREIRA, B.C. Manejo de pastagens tropicais para intensificação da produção. In: Pedreira, B.C., Pereira, D.H., Carnevali R.A., Pina, D., Lopes, L.B. **Intensificação da Produção Animal em Pastagens**. (p. 83-108). Brasília, Brasil: Embrapa, 2014.
- PELL, A. N., SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, vol. 76, p. 1063-1073, 1993. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77435-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77435-4).
- PESONEN, M., JOKI-TOKOLA, E., HUUSKONEN, A. Effects of concentrate proportion and protein supplementation on performance of growing and finishing crossbred bulls fed a whole-crop barley silage-based diet. **Animal Production Science**, vol. 54, p. 1399-1404, 2014. doi: <https://doi.org/10.1071/AN14103>.
- PEZZOPANE, J. R. M., SANTOS, P. M., EVANGELISTA, S. R. M., BOSI, C., CAVALCANTE, A. C. R., BETTIOL, G. M., DE MIRANDA GOMIDE, C. A., PELLEGRINO, G. Q. Panicum maximum cv. Tanzânia: climate trends and regional pasture production in Brazil. **Grass and Forage Science**, vol. 72, p. 104-117, 2017. doi: <https://doi.org/10.1111/gfs.12229>.
- PIMENTEL, J.J.O., LANA, R.P., TEIXEIRA, R.M.A., ABREU, D.C., GHEDINI, C.P.

- Produção de leite em função de níveis de suplementação com concentrados para vacas leiteiras pastejando capim-elefante. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.7, p.61-78, 2013.
- PINHEIRO, A., ALCALDE, C., ZEOULA, L., NASCIMENTO, W., TORII, M. Efeitos dos níveis de substituição do milho pela polpa de citrus peletizada sobre a digestibilidade aparente em bovinos mestiços confinados. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, vol. 22, 2008. doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v22i0.3197>.
- PIZARRO, E. A., HARE, M. D., MUTIMURA, M., CHANGJUN, B. Brachiaria hybrids: potential, forage use and seed yield. **Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales**, vol. 01, p. 31-35, 2013.
- RADOSTITS, O.M.; GAY, C.C.; HINCHCLIFF, K.W. et al. **Veterinary medicine: a textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs, and goats**. 10 ed. Philadelphia: Saunders. 2156p, 2002.
- RAUSCH, K., BELYEA, R., ELLERSIECK, M., SINGH, V., JOHNSTON, D., TUMBLESON, M. Particle size distributions of ground corn and ddgs from dry grind processing. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, vol. 48, p. 273-277, 2005. doi: <https://doi.org/10.13031/2013.17928>.
- REIS, R. A., RUGGIERI, A. C., OLIVEIRA, A. A., AZENHA, M. V., CASAGRANDE, D. R. Suplementação como estratégia de produção de carne de qualidade em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, p.642- 655, 2012.
- RFA, 2022. Associação de Combustíveis Renováveis. 2021 Distillers Grains Trade Summary. Disponível em: <https://ethanolrfa.org/file/2138/2021%20US%20Distillers%20Grains%20Trade%20Statistics%20Summary.pdf>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2022.
- ROMANZINI, E. P., BARBERO, R. P., REIS, R. A., HADLEY, D., MALHEIROS, E. B. Economic evaluation from beef cattle production industry with intensification in Brazil's tropical pastures. **Tropical Animal Health and Production**, vol. 52, p. 2659-2666, 2020. doi: <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02304-8>.
- RUSSELL, J. B., O'CONNOR, J. D., FOX, D. G., VAN SOEST, P. J., SNIFFEN, C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, vol. 70, p. 3551-3561, 1992. doi: <https://doi.org/10.2527/1992.70113551x>.
- RUSSELL, K. E., ROUSSEL, A. J. Evaluation of the ruminant serum chemistry profile. **Veterinary Clinics Food Animal Practice**, vol. 23, p. 403-426, 2007. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.07.003>.
- SAMPAIO, R. L., DE RESENDE, F. D., REIS, R. A., DE OLIVEIRA, I. M., CUSTÓDIO, L., FERNANDES, R. M., PAZDIORA, R. D., SIQUEIRA, G. R. The nutritional interrelationship between the growing and finishing phases in crossbred cattle raised in a tropical system. **Tropical Animal Health and Production**, vol. 49, p. 1015-1024, 2017. doi: <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1294-8>.
- SARAIVA, T.A. Perfil metabólico e características de carcaça e carne de bovinos nelore confinados. 112p. **Tese (Doutorado)**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2017.
- SANTOS, J., RIET-CORREA, F., DANTAS, A. F., BARROS, S. S., MOLYNEUX, R. J., MEDEIROS, R. M., DA SILVA, D. M., DE OLIVEIRA, O. F. Toxic hepatopathy in sheep associated with the ingestion of the legume Tephrosia cinerea. **Journal Veterinary: Diagnosis Investigation**, vol. 19, p. 690-694, 2007. doi: <https://doi.org/10.1177/104063870701900612>.
- SANTOS, M., FONSECA, D. M., SOUSA, D. Seletividade aparente de bovinos em pastos de capim-braquiária sob períodos de diferimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol. 68, p. 1655-1663, 2016. doi: [32](https://doi.org/10.1590/1678-</p>
</div>
<div data-bbox=)

4162-8725.

- SBRISSIA, A. F., DUCHINI, P. G., ZANINI, G. D., SANTOS, G. T., PADILHA, D. A., SCHMITT, D. Defoliation Strategies in Pastures Submitted to Intermittent Stocking Method: Underlying Mechanisms Buffering Forage Accumulation over a Range of Grazing Heights. **Crop Science**, vol. 58, p. 945-954, 2018. doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.07.0447>.
- SCHINGOETHE, D. J., KALSCHUR, K. F., HIPPEN, A. R., GARCIA, A. D. Invited review: The use of distillers products in dairy cattle diets. **Journal of Dairy Science**, vol. 92, p. 5802-5813, 2009. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2549>.
- SCHNEIDER, J. M., ZABEL, F., SCHÜNEMANN, F., DELZEIT, R., MAUSER, W. Global cropland could be almost halved: Assessment of land saving potentials under different strategies and implications for agricultural markets. **PLoS ONE**, vol. 17, p. e0263063, 2022. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263063>.
- SENGER, C.C.D., MÜHLBACH, P.R.F., SANCHEZ, L.M.B., KOZLOSKI, G.V., KIST, G. P., LIMA, L.D., NETTO, D.P. Comparação entre os métodos químicos, *in situ* e *in vivo* para estimativa do valor nutritivo de silagens de milho. **Ciência Rural**, v.37, p.835-840, 2007.
- SHURSON, J., ALGHAMDI, A. Quality and new technologies to create corn co-products from ethanol production. **Using Distillers Grains in the U.S. and International Livestock and Poultry Industries**, 2008.
- SILVA, T., SANTOS, E., MACEDO, C. H. O., LIMA, M. A., AZEVÊDO, J. A., PINHO, R., PERAZZO, A., DE, O. Cinética de fermentação ruminal *in vitro* de silagens de híbridos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol. 66, p. 1865-1873, 2014. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-6221>.
- SILVESTRE, A. M., MILLEN, D. D. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 50, 2021. doi: <https://doi.org/10.37496/rbz5020200189>.
- SIQUEIRA, G. R., RESENDE, F.D., MORETTI, M.H. Terminação de bovinos inteiros em pastagens. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 11, n. 1, Campinas-SP, 2014.
- SMITH, B. P. Large animal internal medicine. 4. ed. Mosby Elsevier, St. Louis. p.1821, 2009.
- SOLENBERGER, L., COLEMAN, S. W., VENDRAMINI, J. M. B. (2014) A interação planta-herbívoros em pastagens. In 'Forragicultura Ciência, Tecnologia E Gestão Dos Recursos Forrageiros.'
- SOLENBERGER, L. E., VANZANT, E. S. Interrelationships among Forage Nutritive Value and Quantity and Individual Animal Performance. **Crop Science**, vol. 51, p. 420-432, 2011. doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci2010.07.0408>.
- STEHFEST, E., VAN ZEIST, W. J., VALIN, H., HAVLIK, P., POPP, A., KYLE, P., TABEAU, A., MASON-D'CROZ, D., HASEGAWA, T., BODIRSKY, B. L., CALVIN, K., DOELMAN, J. C., FUJIMORI, S., HUMPHENÖDER, F., LOTZE-CAMPEN, H., VAN MEIJL, H., WIEBE, K. Key determinants of global land-use projections. **Nature Communications**, vol. 10, p. 2166, 2019. doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09945-w>.
- STOCK, R.; LEWIS, J. M.; KLOPFENSTEIN, T. J.; MILTON, C. T. Review of new information on the use of wet and dry milling feed by-products in feedlot diets. **Journal Animal Science**. 78 (E-Suppl.), 2000.
- TEDESCHI, L. O., GALYEAN, M. L., HALES, K. E. Recent advances in estimating protein and energy requirements of ruminants. **Animal Production Science**, vol. 57, p. 2237-2249, 2017. doi: <https://doi.org/10.1071/AN17341>.
- TÉLLEZ, C.W. Relevancia de los indicadores bioquímicos en la evaluación del estado nutricional. **Biofarbo**, v.3, n.3; p.21-22, 1994.

- THEODOROU, M. K., WILLIAMS, B. A., DHANOA, M. S., MCALLAN, A. B., FRANCE, J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, vol. 48, p. 185-197, 1994. doi: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90171-6](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90171-6).
- THRALL, M.A. **Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária**. 2ª ed. Roca, São Paulo, 678p, 2015.
- TORRECILHAS, J. A., VITO, E. S., FIORENTINI, G., CASTAGNINO, P. D. S., SIMIONI, T. A., LAGE, J. F., BALDI, F., DUARTE, J. M., SILVA, L. G. D., REIS, R. A., BERCHIELLI, T. T. Effects of supplementation strategies during the growing phase on meat quality of beef cattle finished in different systems. **Livestock Science**, vol. 247, p. 104465, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104465>.
- VALE, P., GIBBS, H., VALE, R., CHRISTIE, M., FLORENCE, E., MUNGER, J., SABAINI, D. The Expansion of Intensive Beef Farming to the Brazilian Amazon. **Global Environmental Change**, vol. 57, p. 101922, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.05.006>.
- VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. (Comstock Pub.: Ithaca), 1994.
- WETLESEN, M. S., ÅBY, B. A., VANGEN, O., AASS, L. Simulations of feed intake, production output, and economic result within extensive and intensive suckler cow beef production systems. **Livestock Science**, vol. 241, p. 104229, 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104229>.
- WITTWER, F. Diagnóstico dos desequilíbrios metabólicos de energia em rebanhos bovinos. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; BARCELLOS, J.O.; OSPINA, H. et al. (Eds.) **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p. 9-22, 2000.
- WILLIAMS, B.A. Cumulative gas-production techniques for forage evaluation. In: GIVENS, D.I., OWEN, E., AXFORD, R.F.E., OMED, H.M. **Forage evaluation in ruminant nutrition**. 2000.
- WYMAN, C. E. **Handbook on bioethanol: production and utilization**. Applied Energy Technology Series, Taylor & Francis, Washington, 1996.

CAPÍTULO I: NÍVEIS DE CONCENTRADOS COM FARELO DE SOJA OU DDGS NO DESEMPENHO, CARACTERÍSTICA DE CARCAÇA E PARÂMETROS SANGUÍNEOS DE BOVINOS NELORE EM TERMINAÇÃO INTENSIVA EM PASTAGEM DE CAPIM-MOMBAÇA, SOB LOTAÇÃO CONTINUA, EM PERÍODO CHUVOSO NO BIOMA AMAZÔNIA

O artigo a seguir está redigido conforme normas de publicação do periódico: **Livestock Science**, exceto o idioma.

<https://www.elsevier.com/journals/livestock-science/1871-1413/guide-for-authors>

**Níveis de concentrados com farelo de soja ou DDGS no desempenho, característica de
carcaça e parâmetros sanguíneos de bovinos Nelore em terminação intensiva em
pastagem de capim-Mombaça, sob lotação contínua, no período chuvoso do bioma
Amazônia**

Adriano N. Roecker ^{a,*}, Dheyne C. Bolson ^b, ... Dalton H. Pereira ^a

^aGrupo de Estudos em Pecuária Integrada, GEPI, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais,
Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, Brasil

^bFortuna Nutrição Animal, Canaã do Norte, Mato Grosso, Brasil

*Autor correspondente. Email: adrianonr96@gmail.com;

Destaques

Altos níveis de concentrado melhoram a produtividade na terminação de bovinos Nelore.

Coprodutos de destilaria podem substituir o farelo de soja como fonte proteica.

Altos níveis de concentrado não comprometem o perfil metabólico de bovinos Nelore.

Terminação intensiva a pasto na estação chuvosa aumenta número de arrobas produzidas.

Resumo

Nosso objetivo com este trabalho foi avaliar níveis de concentrados com farelo de soja ou DDGS no componente forrageiro, desempenho, característica de carcaça e parâmetros sanguíneos de bovinos Nelore em terminação intensiva em pastagem de capim-Mombaça, sob lotação contínua, em período chuvoso no bioma Amazônia. Foram utilizados 154 bovinos machos da raça Nelore, não castrados, com idade inicial de 20 ± 2 meses e peso corporal inicial de $446 \pm 33,3$ kg. Eles foram alocados em 12 piquetes com 2,5 ha de *Megathyrsus maximus* (Sin. *Panicum maximum*) cv. Mombaça cada, com 12 animais por piquete. Os concentrados foram isonitrogenados, formulados para conter 170 g.kg^{-1} de proteína bruta (na base seca), com variação da fonte de proteína (FP) verdadeira: farelo de soja ou DDGS. Ambos concentrados (sem alteração em sua composição) foram fornecidos em dois níveis de inclusão (nível de concentrado - NC) nas proporções de: 15 g.kg^{-1} de PC e *ad libitum*. Constituindo um esquema fatorial 2×2 (duas FP e dois NC) totalizando 4 tratamentos. Para os animais alimentados com NC *ad libitum* a oferta de forragem foi superior em relação à 15 g.kg^{-1} . A massa de forragem e proporção de folha não apresentaram efeito de NC e FP. Não houve diferença para NC e FP na composição bromatológica da forragem. O ganho médio diário de carcaça e produtividade foram 11,0% e 49,5% superiores nos animais alimentados com NC *ad libitum* comparados com os que receberam 15 g.kg^{-1} . Para o peso corporal final e peso de carcaça final, foram encontrados maiores valores para os animais alimentados com NC *ad libitum* em relação à 15

g.kg⁻¹. A utilização de DDGS como fonte proteína não apresentou efeito para as variáveis de desempenho em comparação à farelo de soja. Os animais alimentados com diferentes NC e FP não apresentaram alterações na área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea. Animais recebendo NC *ad libitum* apresentaram maior consumo de suplemento e menor consumo de pasto em relação ao NC 15 g.kg⁻¹. O perfil sérico dos bovinos não apresentou efeito de NC e FP. A utilização de DDGS como fonte de proteína em dietas de alto concentrado, ao nível de 17 g.kg⁻¹ de peso corporal, é uma alternativa para substituir o farelo de soja, aumentar o desempenho individual e a produtividade por área em bovinos Nelore na fase de terminação a pasto, durante o período chuvoso.

Palavras-chave: Alto concentrado; Carcaça; Coprodutos; Engorda; Sistema intensivo, Terminação Intensiva a Pasto

Abstract

The objective of this study was to evaluate the levels of concentrates with soybean meal or DDGS in the forage component, performance, carcass characteristics and blood parameters of intensively finishing Nellore cattle on Mombasa grass pasture under continuous stocking during the rainy season in the Amazon biome. The study used 154 male Nellore cattle, uncastrated, with initial age of 20±2 months and initial body weight of 446±33.3 kg. They were allocated to 12 paddocks of 2.5 ha of *Megathyrsus maximus* (Sin. *Panicum maximum*) cv. Mombasa each, with 12 animals per paddock. The concentrates were isonitrogenated, formulated to contain 170 g.kg⁻¹ of crude protein (on dry basis), with variation of the real protein source (PS): soybean meal or DDGS (dried distiller's grains with solubles). Both concentrates (with no change in their composition) were fed at two inclusion levels (concentrate level - CL) in the proportions of: 15 g.kg⁻¹ body weight and *ad libitum*. It constituted a factorial scheme 2x2 (two PS and two

CL) totaling 4 treatments. For the animals fed with *ad libitum* CL the forage supply was higher in relation to 15 g.kg⁻¹. Forage mass and leaf proportion showed no effect of CL and PS. There was no difference for CL and PS on forage chemical composition. Average daily carcass gain and productivity were 11.0% and 49.5% higher in animals fed CL *ad libitum* compared to those fed 15 g.kg⁻¹. For final body weight and final carcass weight, higher values were found for animals fed CL *ad libitum* compared to 15 g.kg⁻¹. The use of DDGS as protein source showed no effect for the performance variables compared to soybean meal. The animals fed with different CL and PS did not show changes in the loin eye area and subcutaneous fat thickness. Animals receiving CL *ad libitum* had higher supplement consumption and lower pasture consumption compared to CL 15 g.kg⁻¹. The serum profile of cattle showed no effect of CL and PS. The use of DDGS as a protein source in high concentrate diets, at the level of 17 g.kg⁻¹ of body weight, is an alternative to replace soybean meal, increase individual performance and productivity per area in Nellore cattle in the pasture finishing phase, during the rainy season.

Keywords: Carcass; Co-products; Fattening; High concentrate; Intensive system.

1. Introdução

A crescente demanda por alimentos e *comodities* agrícolas, aliados as pressões ambientais cada vez mais crescentes, aumenta progressivamente a pressão sobre o uso da terra como fator de produção e recurso (Schneider et al., 2022). Dentro desse contexto, a intensificação dos sistemas produtivos pecuários torna-se imprescindível (Costa et al., 2021) e o uso de alimentos concentrados corresponde a uma importante ferramenta, inclusive em sistemas em pastagem.

Dessa forma, estratégias nutricionais com alta inclusão de concentrado tem sido cada vez mais utilizados na fase de terminação de bovinos (Mota et al., 2020). Dentre elas, destaca-

se a terminação intensiva à pasto (TIP), definida como uma modalidade de terminação com a inclusão de altos volumes de concentrado à dieta, estando os animais a pasto, buscando a maximização da produtividade.

Diversos trabalhos têm avaliado a inclusão de altos volumes de concentrado na terminação durante o período seco em regiões tropicais, marcada pela estacionalidade forrageira (Barbero et al., 2017; Mota et al., 2020; Romanzini et al., 2020; Dallantonia et al., 2021; Hoffmann et al., 2021). No entanto, o efeito do uso dessa estratégia durante o período chuvoso, com boa oferta de forragem, demonstra uma lacuna a ser preenchida, sendo necessário compreender a relação entre pasto e concentrado, bem como, o nível de consumo que maximize a produtividade nesse período.

Da mesma forma, a utilização de ingredientes menos onerosos e não consumidos pelo homem na alimentação de ruminantes, tem ganhado cada vez mais destaque na perspectiva de aumento da demanda por alimentos, substituindo ingredientes tradicionais como farelo de soja (Cardoso et al., 2020; Sousa et al., 2022).

Coprodutos como o DDGS (“dried distiller’s grains with solubles”) apresentam rica composição nutricional para a utilização na nutrição de ruminantes (Klopfenstein et al., 2008; Hoffmann et al., 2021). Entretanto, há poucos estudos com o uso de DDGS, como exclusiva fonte proteica, para bovinos em pastejo terminados com altos níveis de concentrado.

Assim, hipotetizamos que estratégias nutricionais com fornecimento *ad libitum* contendo DDGS ou farelo de soja como fonte de proteína, podem maximizar a produtividade por área em bovinos Nelore na fase de terminação, em pastagem de capim-Mombaça durante o período chuvoso. Além disso, hipotetizamos que o capim-Mombaça, por meio da plasticidade fenotípica, possa ser utilizado em lotação contínua no período chuvoso, na terminação intensiva de bovinos. Portanto, nosso objetivo com este trabalho foi avaliar níveis de concentrados com farelo de soja ou DDGS no componente forrageiro, desempenho, característica de carcaça e

parâmetros sanguíneos de bovinos Nelore em terminação intensiva em pastagem de capim-Mombaça, sob lotação contínua, em período chuvoso no bioma Amazônia.

2. Material e métodos

O experimento foi realizado de acordo com o protocolo experimental de princípios éticos na experimentação animal adotados pelo conselho nacional de controle de experimentação animal (CONCEA), tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais do Araguaia (Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT / Campus do Araguaia), sob Protocolo nº 23108.042666/2020-94.

2.1. Área e período experimental

O ensaio foi conduzido no centro experimental da empresa Fortuna Nutrição Animal, na Fazenda Gamada, localizada no município de Nova Canaã no Norte, Estado de Mato Grosso, Brasil (10°24'35"W, 55°43'35"S, altitude 288 m). O clima da região é classificado, segundo os critérios de Köppen, como Am-clima de monções, ou seja, alternância entre a estação chuvosa e a estação seca (Alvares et al., 2013).

Os fatores climáticos foram registrados a partir de uma estação meteorológica instalada a 500 metros do experimento. Durante o período experimental (janeiro a maio de 2020), a temperatura média foi de 25,1°C, com mínima de 21,7°C e máxima de 31,1°C, e a precipitação acumulada no período foi de 1279 mm.

O período experimental foi do dia 30 de janeiro a 25 de maio de 2020, em área de 30ha formada de *Megathyrsus maximus* (Sin. *Panicum maximum*) cv. Mombaça, subdividida em 12 piquetes de aproximadamente 2,5 ha cada. Cada piquete era equipado com bebedouro de 500 litros e cocho de 6 metros lineares acessados pelas duas laterais.

2.2. Manejo animal e dietas experimentais

Durante o período de pós-desmame, os animais do presente estudo foram mantidos em recria intensiva a pasto, durante um período de 175 dias, com consumo de concentrado médio de 10 g.kg⁻¹ PC e GMD médio observado de 0,970 kg.dia⁻¹.

No início do período experimental, para determinação do peso de carcaça inicial (PCarI) e rendimento de carcaça inicial (RCi) foram enviados para abate comparativo e de referência 10 animais representativos, sendo feita a relação entre peso corporal e peso de carcaça de cada animal, gerando a equação que foi utilizada para estimar o peso de carcaça dos animais remanescentes, conforme Eq.1 ($r^2=0,982$):

$$y = -48,80 + 0,658x \quad (1)$$

Onde:

y = peso estimado de carcaça inicial (kg); x = peso corporal inicial (kg).

Foram utilizados 154 animais machos da raça Nelore, não castrados, com idade inicial de 20±2 meses e peso corporal inicial de 446±33,3 kg. Em cada piquete foram alocados 12 animais (*tester*) e animais (reguladores), quando necessários. O método de pastejo utilizado foi de lotação contínua com taxa de lotação variável, tendo como meta de manejo a altura do dossel forrageiro de 55±5cm (Cecato et al., 2007).

Foram utilizados dois piquetes no módulo do experimento, com a mesma condição de forragem e manejo, para alocar os animais reguladores, que recebiam nível intermediário de concentrado com a mistura de farelo de soja e DDGS.

Os concentrados foram isonitrogenados, formulados para conter 170 g PB. kg⁻¹ (na base seca), com variação da fonte de proteína (FP) verdadeira: farelo de soja ou DDGS (fornecido pela empresa Inpasa Agroindustrial, Sinop, Mato Grosso, Brasil) (Tabela 1). Ambos concentrados (sem alteração em sua composição) foram fornecidos em dois níveis de inclusão (nível de concentrado - NC) nas proporções de: 15 g.kg⁻¹ de PC e *ad libitum*.

Os concentrados foram ofertados uma única vez ao dia, entre as 6 e 7 horas da manhã. O período de adaptação foi de 14 dias, iniciando o fornecimento na quantidade 5 g.kg⁻¹ de PC, com incrementos crescentes até a quantidade respectiva de cada tratamento. Após o período de adaptação, ao concentrado oferecido *ad libitum* foi permitida uma sobra de 3 a 5%. Os concentrados foram produzidos pela empresa Fortuna Nutrição Animal situada em Nova Canaã do Norte, Mato Grosso, Brasil (Tabela 1).

2.3. Coleta de forragem, concentrados e alimentos

O monitoramento da altura dos pastos foi realizado semanalmente medindo-se 50 pontos aleatórios por piquete. Assim, o valor medido corresponderia altura média da curvatura das folhas superiores (Cecato et al., 2001).

A massa de forragem (MF) e acúmulo de forragem (AF) foram quantificadas a cada 28 dias. Para avaliação do AF, foram utilizadas 4 gaiolas circulares de exclusão (0,64 m² e 1,2 m de altura) por piquete, utilizando o método de gaiola pareada (Klingman et al., 1943). Para cada gaiola alocada, uma área com a altura média do dossel forrageiro, foi cortada ao nível do solo para obter uma estimativa da MF fora da gaiola. As amostras de MF foram pesadas e separadas em duas sub amostras: uma foi seca a 55°C por 72 horas em um secador de ar forçado para obter o peso seco, e a outra para separação manual em folha (lâminas foliares), colmos (colmo + bainha) e material morto.

O AF foi calculado como a diferença entre a MF dentro da gaiola no dia da amostragem (dia 28) e a MF medida no pasto fora da mesma gaiola no dia em que a gaiola foi alocada (dia 0). A taxa de acúmulo de forragem (TAF) foi obtida dividindo-se o AF pelo número de dias em cada período.

A densidade volumétrica da forragem (DV) foi calculada como o quociente de MF e a altura do dossel no momento da medição (kg MS.ha⁻¹.cm⁻¹). Já a oferta de forragem total foi

calculada como a relação entre MF e a soma do PC dos animais, segundo (Carloto et al., 2011), conforme Eq. 2:

$$Oferta\ de\ forragem\ (kg\ MS.\ 100\ kg^{-1}\ PC) = \frac{[(kg\ MS.\ ha^{-1})]}{(\sum PC\ médio)/ha} \quad (2)$$

A cada 28 dias, foi realizada o pastejo simulado conforme proposto por Johnson (1978), além disso, uma amostragem semanal de cada concentrado e alimento proteico ao longo de cada período experimental para a análise bromatológica de forragem, concentrados e alimentos, respectivamente.

2.4. Composição bromatológica da forragem, concentrados e alimentos

As amostras de forragem e concentrados foram secas em estufa com ventilação forçada de ar a 55°C até peso constante e, posteriormente, trituradas em moinho de facas com peneira de porosidade de 1 e 2 mm (Wiley, TE-650 TECNAL®) e submetidas à análise bromatológica (Tabela 2).

As análises de composição bromatológica das amostras de forragem e concentrado, foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal e Forragicultura da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) - *campus* Sinop. O conteúdo de matéria seca (MS) (método nº 934.01), matéria orgânica (MO) (método nº 942,05), extrato etéreo (EE) (método nº 920.39) e N utilizando o método Kjeldahl (método nº 981.10) foram quantificados de acordo com a AOAC (2000). A proteína bruta foi calculada como a percentagem de N na amostra, multiplicado por 6,25. Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, com o uso de alfa-amilase termoestável, sem o uso de sulfito de sódio para as amostras de concentrado (FDNcp) foi mensurada de acordo Mertens (2002) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) segundo Van Soest e Robertson (1985). FDN indigestível (FDNi) foi quantificada conforme Casali et al. (2008) e carboidratos não fibrosos (CNF) Hall (2000).

Para estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT) utilizou-se o modelo estimado sugerido por NASEM (2016). A MS potencialmente digestível (MSpd) foi obtida conforme descrito por Paulino et al. (2006), segundo a Eq. 3:

$$MSpd (g.kg^{-1}) = 0,98 \times (100 - FDN) + (FDN - FDNi) \quad (3)$$

Onde:

FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDNi = fibra insolúvel em detergente neutro indigestível.

2.5. Parâmetros sanguíneos

Para avaliação dos parâmetros sanguíneos foram coletadas no início e ao final do experimento amostras de sangue de quatro animais *testers* por piquete, designados aleatoriamente dentre os 12 *testers* disponíveis, mas mantidos para ambas as coletas. A coleta foi via punção da veia coccígea por meio de agulhas hipodérmicas (40 x 1,2mm). Estas amostras foram armazenadas em frascos estéreis de 8mL (Vacuettes®) contendo acelerador de coagulação, com posterior centrifugação a 3.000 xg por 15 minutos, sendo o soro acondicionado à -20°C.

As análises foram realizadas no Núcleo de Pesquisa e Apoio Didático em Saúde (NUPADS), laboratório de Imunopatologia e Doenças Tropicais da UFMT - campus Sinop, e analisados os seguintes parâmetros: proteínas totais, ureia, albumina, ácido úrico, glicose, colesterol, AST (aspartato aminotransferase), ALT (alanina aminotransferase), fosfatase alcalina e GamaGT/GGT (gama glutamiltransferase) por meio de sistema enzimático-colorimétrico utilizando-se kits comerciais (Analisa) e determinados por meio do teste cinético UV, com leitura da atividade catalisadora efetuada em espectrofotômetro.

2.6. Consumo

Para estimativa real de consumo de matéria seca de concentrado (CMSc, kg.dia⁻¹), antes do fornecimento, as sobras foram removidas e pesadas, sendo uma amostra levada à estufa na temperatura de 55°C para determinação da MS, descontando-se o valor de MS de sobras da quantidade fornecida no dia anterior.

Para a determinação do consumo de MS total (CMS total, kg.dia⁻¹), foi utilizada a equação 2.1 do BR Corte (Valadares Filho et al., 2016), de acordo com a Eq. 4:

$$CMS\ total = -1,7824 + 0,07765 \times PC^{0,75} + 4,0415 \times GMD - 0,8973 \times GMD^2 \quad (4)$$

Onde:

PC = peso corporal médio; GMD = ganho médio diário observado.

O consumo de matéria seca de pasto (CMSp, kg.dia⁻¹), foi estimado pela diferença entre CMS total e CMSc. O consumo estimado dos nutrientes (CPB, CFDN, CCNF) foi determinado a partir do CMSc e CMSp, e da composição bromatológica dos concentrados e forragem.

2.7. Abate, desempenho e características de carcaça

Para as avaliações do desempenho produtivo, os animais foram pesados após jejum de 16 horas no início e fim do período experimental. Ao final do experimento os animais foram enviados para abate em Frigorífico por Serviço de Inspeção Federal (SIF), em um único dia e no mesmo lote, sendo cumprido o período de descanso e dieta hídrica de aproximadamente 12 horas, logo após a chegada. todos os animais foram abatidos seguindo as práticas usuais da indústria brasileira de carne bovina, de acordo com o RIISPOA – Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal.

Os índices zootécnicos e de produtividade calculados foram: peso corporal inicial (PCI, kg) obtido na primeira pesagem em jejum; peso corporal final (PCF, kg) referente ao peso do último dia em jejum; peso de carcaça final (PCarF) calculado a partir do peso das carcaças após abate. Os demais índices seguiram as equações elencadas abaixo:

$$\text{Ganho médio diário (GMD, kg. dia}^{-1}\text{)} = (PCF - PCI)/\text{dias} \quad (5)$$

$$\text{Ganho médio diário de carcaça (GMC, kg. dia}^{-1}\text{)} = (PCarF - PCarI)/\text{dias} \quad (6)$$

$$\text{Rendimento de carcaça (RC, \%)} = (PCarF/PCF) \times 100 \quad (7)$$

$$\text{Taxa de lotação (UA. ha}^{-1}\text{, 450 kg PC. ha}^{-1}\text{)} = (\Sigma \text{ PC médio}/450)/\text{ha} \quad (8)$$

$$\text{Produtividade (@. ha}^{-1}\text{)} = (\Sigma \text{ ganho de peso de carcaça/ha})/15 \quad (9)$$

As medidas de área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS) foram mensuradas entre a 12^a e 13^a costelas. As imagens foram obtidas por meio de ultrassom *in vivo* utilizando o equipamento Aloka SSD 500V com sonda linear de 17,5cm de 3,5 MHz (Hitachi Aloka Medical, Ltd, Tóquio, Japão), com auxílio de guia acústica. As imagens foram coletadas e gravadas e, posteriormente, interpretadas em *software* apropriado.

281

2.8. Análise estatística

Os resultados das variáveis: eficiência biológica, taxa de lotação, produtividade, componente forrageiro e parâmetros sanguíneos foram submetidos à análise estatística segundo delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 2 (duas fontes proteicas e dois níveis de concentrado) totalizando com 4 tratamento com 3 repetições (piquetes) para cada tratamento. Segundo Eq. 10:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + C[Y_{ijk}] + e_{ijk} \quad (10)$$

Onde:

Y_{ijk} é a observação sobre o efeito do tratamento; μ média geral; α_i efeito do nível de concentrado; β_j efeito de fonte de proteína; $\alpha\beta_{ij}$ efeito da interação do i-ésimo nível para nível

de concentrado com o j-ésimo nível da fonte de proteína; $C[Y_{ijk}]$ representa peso corporal inicial como covariável e o e_{ijk} erro associado a cada observação.

A análise estatística foi realizada com o procedimento PROC MIXED do pacote estatístico SAS (SAS Institute Inc., Cary, EUA). Quando significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, para variáveis de parâmetros sanguíneos as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 10%.

Os resultados de variáveis individuais (PCI, PCF, GMD, PCarF, GMC, RC, AOL, EGS e variáveis de consumo) foram submetidos à análise estatística segundo delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 (duas fontes proteicas e dois níveis de concentrado) totalizando com 4 tratamento com 36 repetições (animais) para cada tratamento (Barbin, 1993) utilizando-se o PROC MIXED do SAS 9.4 de acordo com o modelo abaixo, Eq. 11:

$$\hat{Y}_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk} + U_{ijkl} \quad (11)$$

Onde:

$\hat{Y}_{ijk}$ é a observação sobre o efeito do tratamento; μ média geral; α_i efeito do nível de concentrado; β_j efeito de fonte de proteína; $\alpha\beta_{ij}$ efeito da interação do i-ésimo nível para nível de concentrado com o j-ésimo nível da fonte de proteína; e_{ijk} erro associado a cada observação pressuposto $NID \sim (0, \sigma^2)$; U_{ijkl} = Erro amostral aleatório associado a cada animal (l) dentro do piquete (k) pressuposto $NID \sim (0, \sigma^2)$. Para as avaliações utilizou-se o teste F considerando 5% de probabilidade para o erro tipo I.

3. Resultados

3.1. Componente forrageiro

Não houve efeito de interação NC*FP e de FP ($P > 0,05$) para as variáveis de forragem avaliadas (Tabela 3).

A MF e o TAF ($P>0,05$) não diferiram entre NC, obtendo médias de 6.507,80 kg de MS.ha⁻¹ e 101,21 kg de MS.ha⁻¹.dia⁻¹, respectivamente.

Com o fornecimento de NC de 15 g.kg⁻¹ houve maior proporção de colmo e de OF ($P<0,05$), todavia, menor DV total ($P<0,05$) em relação à *ad libitum*.

Proporção de folha, proporção de material morto e relação Folha:Colmo não diferiram para NC ($P>0,05$), com valores médios de 49,69 g.100g⁻¹, 18,92 g.100g⁻¹ e 1,65, respectivamente.

A composição bromatológica da forragem não apresentou efeito de interação NC*FP ($P>0,05$), bem como não diferiu para NC e FP ($P>0,05$), nas variáveis avaliadas (Tabela 3).

3.2. Consumo, desempenho animal e características de carcaça

Não houve efeito de interação NC*FP e FP ($P>0,05$) para as variáveis de desempenho e características de carcaça (Tabela 4).

O PCF, GMD, PCarF e o GMC ($P<0,05$) foram superiores nos animais alimentados com NC *ad libitum* comparados com os que receberam NC de 15 g.kg⁻¹. No entanto, o RC, AOL e EGS ($P>0,05$) não diferiram entre os NC, apresentando médias de 57,01%, 74,43 cm² e 4,55 mm, respectivamente (Tabela 4).

Maior TL e Produtividade ($P<0,05$) observamos com o fornecimento *ad libitum* em relação ao NC de 15 g.kg⁻¹. A Eficiência biológica não diferiu entre NC ($P>0,05$), com média de 169,01 kg de concentrado ingeridos por arroba produzida.

Não houve efeito de interação NC*FP ($P>0,05$) para as variáveis de consumo (Tabela 4).

O CMSc ($P<0,05$) foi superior nos animais alimentados com NC *ad libitum*, com consumo médio de 17 g.kg⁻¹, em comparação ao NC de 15 g.kg⁻¹.

Nos animais alimentados com NC *ad libitum* evidenciamos maior CMStotal ($P<0,05$),

no entanto, redução no CMSp e do CFDN ($P<0,05$) em comparação ao fornecimento de 15 g.kg⁻¹. O consumo dos demais nutrientes, CPB e CCNF ($P<0,05$), foi superior nos animais com NC *ad libitum* (Tabela 4).

O CFDN ($P<0,05$) foi superior, ao passo que o CCNF ($P<0,05$) reduziu nos animais alimentados com DDGS como FP em relação à FS. Entretanto, não houve diferença entre as FP para CMStotal, CMSc, CMSp e CPB ($P>0,05$).

3.3. Parâmetros sanguíneos

Não houve efeito de interação NC*FP, de NC e FP ($P>0,10$) para os parâmetros sanguíneos avaliados (Tabela 5).

4. Discussão

4.1. Componente forrageiro

A menor oferta de forragem (OF) com fornecimento *ad libitum* em comparação a 15 g.kg⁻¹ de PC é resultado do aumento da taxa de lotação, já que não houve diferença na massa de forragem total. A alta inclusão de concentrado para animais terminados a pasto resulta na necessidade de menores proporções de forragem na dieta e possibilita maior carga animal na área, e por consequência, maior intensidade de desfolha.

A maior taxa de lotação em pastejo contínuo no capim-Mombaça possibilitou maior incidência luminosa na base do dossel e estímulo ao perfilhamento basilar, elevando o número de perfilhos (Hodgson, 1990) e a densidade volumétrica da forragem, sem aumento da proporção de colmo na composição do material.

Comumente o capim-Mombaça é utilizado em métodos de pastejos intermitentes (Alvarenga et al., 2020; Euclides et al., 2022). No entanto, em lotação contínua com alturas pré-fixadas de manejo, os animais tendem a realizar a apreensão de folhas com inserção

intermediária, promovendo um pastejo seletivo (Cecato et al., 2007). Por outro lado, a menor intensidade de desfolha devido a menor taxa de lotação com o fornecimento de 15 g.kg^{-1} de PC resultou em maior proporção de colmo. Dessa forma, mesmo em curtos períodos de pastejo, as plantas podem alterar seu padrão de crescimento à medida que o índice de área foliar aumenta, translocando maior quantidade de nutrientes para o alongamento de colmos, com o objetivo de otimizar a captura de luz (Carnevalli et al., 2021). Além disso, a plasticidade fenotípica desse material, permitiu a utilização do capim-Mombaça em método de pastejo de lotação contínua, com taxa de lotação variável na fase de terminação de bovinos com alta inclusão de concentrado, no período chuvoso do ano.

4.2. Consumo, desempenho animal e características de carcaça

No período chuvoso do ano, a composição do pasto e a maior OF impacta no consumo voluntário do concentrado. Esse período é caracterizado pelo aumento da oferta de folhas verdes - estruturas tenras preferidas pelo pastejo animal - de alta digestibilidade e alto teor de PB (Detmann et al., 2014; Tesk et al., 2020), diferente da estação seca na qual é observada consumos médios diários de concentrado acima de 17 g.kg^{-1} de PC (Mota et al., 2020; Romanzini et al., 2020; Dallantonia et al., 2021).

Além disso, com o intuito de estimar o consumo médio de nutrientes, utilizamos a equação do BR Corte (Valadares Filho et al., 2016) considerando animais zebuínos, não castrados, com peso médio de 509 kg. Os valores de consumo de nutrientes estimados promoveriam desempenho ($1,6 \text{ kg animal}^{-1}.\text{dia}$) superior aos observados no presente estudo, independentemente do nível de concentrado e fonte de proteína. Isso sugere um possível desbalanço na formulação das dietas, ao passo que, também pode evidenciar ajustes necessários nos modelos de predição e exigência em animais em TIP. Estratégias de alta inclusão de concentrado a pasto podem elevar a exigências de manutenção em decorrência da necessidade de

394 pastejo pelos animais, diferente das exigências de bovinos confinados.

395 Apesar disso, o desempenho individual e a produtividade por área foram elevados e
396 ressalta a importância da inclusão de concentrado mesmo em períodos com boa OF. Isso mostra
397 que é possível fornecimentos acima de 15 g.kg⁻¹ de PC durante o período chuvoso para
398 terminação dos animais, com ganhos significativos de GMD, GMC e @/ha ou produtividade.

399 O maior GMD e GMC dos animais com NC *ad libitum* é resultado do maior consumo
400 de concentrado, 12,9% superior em relação a 15 g.kg⁻¹ de PC. Isso impactou diretamente na
401 taxa de lotação, que foi superior 27,5% para o NC *ad libitum*.

402 Em geral, o aumento da ingestão total de nutrientes ocasiona uma adição fisiológica para
403 metabolizar esse maior aporte. A princípio, o organismo busca o equilíbrio por meio de ajustes
404 metabólicos e espera-se que a diferença de nutrientes ingeridas proporcione maior crescimento
405 animal. A taxa de GMD está diretamente ligada a quantidade de nutrientes consumidos e reflete
406 o estado metabólico do animal (Oddy et al., 2019).

407 Os ganhos em produtividade por área estão relacionados ao aumento da taxa de lotação
408 e a expressiva redução do componente forrageiro na composição da dieta, como evidenciado
409 no CMSp estimado. Em estratégias nutricionais intensivas à pasto, como a TIP, a forragem
410 ocupa a função de fornecimento de fibra fisicamente efetiva e volumes elevados de
411 concentrado, mesmo com OF disponível, faz com que o animal substitua o pasto por
412 concentrado (Moore, 1980; Peripolli et al., 2018) e permite maiores taxas de lotação para a
413 manutenção das métricas de manejo do pastejo.

414 Outro fator importante, foi a ausência de efeitos nas variáveis de desempenho com a
415 utilização de DDGS em substituição ao farelo de soja como fonte proteica, o que pode ser
416 explicado pela composição das dietas.

417 Tradicionalmente dietas com a inclusão de DDGS apresentam um perfil com maior teor
418 de PNDR (Klopfenstein et al., 2008; Krogstad et al., 2021). Em virtude da variação dos

alimentos produzidos, principalmente, por diferenciações entre matéria prima, plantas de produção e usinas fabris, a determinação de valores fixos de PB e de PNDR para DDGS pode não ser adequada e suficiente (Böttger e Südekum, 2017; Palowski et al., 2021), sendo necessário, mais avaliações e outros estudos para a compreensão detalhada da constituição desse ingrediente.

Para as características de carcaça os valores de EGS da maioria dos animais apresentaram-se dentro dos valores mínimos exigidos pelos frigoríficos (entre 3 e 5 mm), considerados necessários para garantir uma adequada proteção contra escurecimento e desidratação da carne durante a refrigeração (Koohmaraie et al., 1988; Simioni et al., 2021).

4.3. *Parâmetros sanguíneos*

Com exceção a GGT, os demais parâmetros apresentaram dentro da faixa de normalidade para bovinos de corte (Kaneko et al., 1997; Otto et al., 2000; Grünwaldt et al., 2005; Kaneko et al., 2008; Foroutan et al., 2020). A concentração sérica da enzima GGT apresentou valores fora do intervalo considerado como referência para a espécie, que segundo Kaneko et al. (2008) podem variar de 11 a 24 U.L⁻¹. Em virtude da elevada concentração hepática em ruminantes, comparativamente a felinos e cães, a análise de GGT sanguínea auxilia no diagnóstico de colestase e lesões hepatocelulares (González e Scheffer, 2003).

Contudo, analisar um indicador de forma isolada pode ser inconclusivo para diagnosticar algum quadro de lesão hepática, uma vez que as enzimas fosfatase alcalina, ALT e AST (Kaneko et al., 2008) também são indicadores de alterações hepáticas. Como neste estudo, apenas GGT se comportou fora do intervalo considerado ideal para este parâmetro e as demais enzimas apresentaram-se adequadas, percebe-se a necessidade de estudos mais minuciosos para determinação de valores ideais. Uma vez que, outros fatores podem exibir um perfil enzimático diferente além daqueles atrelados a razões patológicas, como a espécie, a raça,

o sexo, a idade, e até mesmo o sistema de produção exercido (González e Scheffer, 2003).

Níveis semelhantes dos metabólitos plasmáticos indicam que a alta inclusão de concentrado, com farelo de soja ou DDGS na dieta, não compromete o equilíbrio do metabolismo proteico e energético, não ocasiona distúrbio funcional dos órgãos e lesões teciduais nos bovinos em terminação.

5. Conclusão

O *Megathyrus maximus* (Sin. *Panicum maximum*) cv. Mombaça demonstra potencial de utilização em lotação contínua, com taxa de lotação variável, na fase de terminação de bovinos com alta inclusão de concentrado no período chuvoso.

A utilização de DDGS como fonte de proteína em dietas de alto concentrado, ao nível de 17 g.kg⁻¹ de peso corporal, é uma alternativa para substituir o farelo de soja, aumentar o desempenho individual e a produtividade por área em bovinos Nelore na fase de terminação a pasto, durante o período chuvoso.

Referências

- Alvarenga, C.F., Euclides, V., Montagner, D., Sbrissia, A., Barbosa, R., Araújo, A., 2020. Animal performance and sward characteristics of Mombaça guineagrass pastures subjected to two grazing frequencies. Trop. grassl.-Forrajes trop. 8, 1-10. [https://doi.org/10.17138/tgft\(8\)1-10](https://doi.org/10.17138/tgft(8)1-10).
- Alvares, C., Stape, J., Sentelhas, P., Gonçalves, J., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorol. Z. 22, 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis, 15th ed. (Arlington).
- Barbero, R.P., Malheiros, E.B., Nave, R.L.G., Mulliniks, J.T., Delevatti, L.M., Koscheck, J.F.W., Romanzini, E.P., Ferrari, A.C., Renesto, D.M., Berchielli, T.T., Ruggieri, A.C., Reis, R.A., 2017. Influence of post-weaning management system during the finishing phase on grasslands or feedlot on aiming to improvement of the beef cattle production. Agron. J. 153, 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.01.015>.
- Barbin, D., 1993. Componentes de variância: teoria e aplicações. Piracicaba: Fealq. 120p.
- Böttger, C., Südekum, K.H., 2017. European distillers dried grains with solubles (DDGS): Chemical composition and in vitro evaluation of feeding value for ruminants. Animal Feed Science and Technology. 224, 66-77. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.12.012>.
- Cardoso, A.D., Barbero, R.P., Romanzini, E.P., Teobaldo, R.W., Ongaratto, F., Fernandes, M.H., Ruggieri, A.C., Reis, R.A., 2020. Intensification: A Key Strategy to Achieve Great

- Animal and Environmental Beef Cattle Production Sustainability in Brachiaria Grasslands. Sustainability. 12, 6656. <https://doi.org/10.3390/su12166656>.
- Carloto, M.N., Euclides, V.P.B., Montagner, D.B., Lempp, B., Difante, G.d.S., Paula, C.C.L.d., 2011. Desempenho animal e características de pasto de capim-xaraés sob diferentes intensidades de pastejo, durante o período das águas. *Pesq. Agropec. Bras.* 46, 97-104. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000100013>.
- Carnevalli, R.A., Congio, G.F.d.S., Sbrissia, A.F., da Silva, S.C., 2021. Growth of *Megathyrus maximus* cv. Mombaça as affected by grazing strategies and environmental seasonality. II. Dynamics of herbage accumulation. *Crop and Pasture Science.* 72, 66-74. <https://doi.org/10.1071/CP20199>.
- Casali, A.O., Detmann, E., Valadares Filho, S.d.C., Pereira, J.C., Henriques, L.T., Freitas, S.G.d., Paulino, M.F., 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. *R. Bras. Zootec.* 37, 335-342. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000200021>.
- Cecato, U., Castro, C.R.d.C., Canto, M.W.d., Peternelli, M., Almeida Júnior, J., Jobim, C.C., Cano, C.C.P., 2001. Perdas de forragem em capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq cv. Tanzania-1) manejado sob diferentes alturas sob pastejo. *R. Bras. Zootec.* 30, 295-301. [10.1590/S1516-35982001000200001](https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000200001).
- Cecato, U., Skrobo, V.D., Fakir, G.M., Jobim, C.C., Branco, A.F., Galbeiro, S., Janeiro, V., 2007. Características morfogênicas do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) adubado com fontes de fósforo, sob pastejo. *R. Bras. Zootec.* 36, 1699-1706. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000800001>.
- Costa, C.M., Difante, G.S., Costa, A.B.G., Gurgel, A.L.C., Ferreira Jr, M.A., Santos, G.T., 2021. Grazing intensity as a management strategy in tropical grasses for beef cattle production: a meta-analysis. *Animal.* 15, 100192. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100192>.
- Dallantonia, E.E., Fernandes, M.H.M.d.R., Cardoso, A.d.S., Leite, R.G., Ferrari, A., Ongaratto, F., Lage, J.F., Balsalobre, M.A.A., Reis, R.A., 2021. Performance and greenhouse gas emission of Nellore and F1 Angus × Nellore yearling bulls in tropical production systems during backgrounding and finishing. *Livest. Sci.* 251, 104646. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104646>.
- Detmann, E., Paulino, M., Valadares Filho, S., Huhtanen, P., 2014. Nutritional aspects applied to grazing cattle in the tropics: A review based on Brazilian results. *Semina: Ciênc. Agrár.* 35, 2829. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2829>.
- Euclides, V.P.B., Montagner, D.B., de Araújo, A.R., de Aragão Pereira, M., dos Santos Difante, G., de Araújo, I.M.M., Barbosa, L.F., Barbosa, R.A., Gurgel, A.L.C., 2022. Biological and economic responses to increasing nitrogen rates in Mombaça guinea grass pastures. *Sci. Rep.* 12, 1937. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05796-6>.
- Foroutan, A., Fitzsimmons, C., Mandal, R., Piri-Moghadam, H., Zheng, J., Guo, A., Li, C., Guan, L.L., Wishart, D.S., 2020. The Bovine Metabolome. *Metabolites.* 10, 233. <https://doi.org/10.3390/metabo10060233>.
- González, F. H. D.; Scheffer, J. F. S. 2003. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: I Simpósio de Patologia Clínica Veterinária da Região Sul do Brasil. Porto Alegre, RS. Anais... Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 73-89.
- Grünwaldt, E.G., Guevara, J.C., Estévez, O.R., Vicente, A., Rousselle, H., Alcuten, N., Aguerregaray, D., Stasi, C.R., 2005. Biochemical and haematological measurements in beef cattle in Mendoza plain rangelands (Argentina). *Trop. Anim. Health. Prod.* 37, 527-540. <https://doi.org/10.1007/s11250-005-2474-5>.
- Hall, M.B., 2000. Neutral detergent-soluble carbohydrates. Nutritional relevance and analysis.

Gainesville: University of Florida. 76p.

Hodgson, J., 1990. *Grazing management: science into practice*. London: Longman Scientific and Technical Group. 203p.

Hoffmann, A., Berça, A.S., Cardoso, A.D.S., Fonseca, N.V.B., Silva, M.L.C., Leite, R.G., Ruggieri, A.C., Reis, R.A., 2021. Does the Effect of Replacing Cottonseed Meal with Dried Distiller's Grains on Nellore Bulls Finishing Phase Vary between Pasture and Feedlot? *Animals*. 11, 85. <https://doi.org/10.3390/ani11010085>.

Johnson, A.D., 1978. Sample preparation and chemical analysis of vegetation. In: t 'MANEJET, L. (Ed.). *Measurement of grassland vegetation and animal production*. Aberystwyth: Commonwealth Agricultural Bureaux. p.96-102.

Kaneko, J.J., Harvey, J.W., Bruss, M.L., 1997. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, 5th ed. New York: Academic Press.

Kaneko, J.J., Harvey, J.W., Bruss, M.L., 2008. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, 6th ed. San Diego: Academic Press. 916p.

Klingman, D.L., Miles, S.R., Mott, G.O., 1943. The Cage Method for Determining Consumption and Yield of Pasture Herbage. *Agron. J.* 35, 739-746. <https://doi.org/10.2134/agronj1943.00021962003500090001x>.

Klopfenstein, T.J., Erickson, G.E., Bremer, V.R., 2008. Board-Invited Review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *J. Anim. Sci.* 86, 1223-1231. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0550>.

Koohmaraie, M., Seideman, S.C., Crouse, J.D., 1988. Effect of subcutaneous fat and high temperature conditioning on bovine meat tenderness. *Meat Sci.* 23, 99-109. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(88\)90018-6](https://doi.org/10.1016/0309-1740(88)90018-6).

Krogstad, K.C., Herrick, K.J., Morris, D.L., Hanford, K.J., Kononoff, P.J., 2021. The effects of pelleted dried distillers grains and solubles fed with different forage concentrations on rumen fermentation, feeding behavior, and milk production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 104, 6633-6645. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19592>.

Mertens, D.R., 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *J. AOAC Int.* 85, 1217-1240.

Mota, V.A.C., Fernandes, R.M., Prados, L.F., Alves Neto, J.A., Berti, G.F., Resende, F.D., Siqueira, G.R., 2020. Relationship between gain rate during the growing phase and forage allowance in the finishing phase in Nellore cattle. *Trop. Anim. Health Prod.* 52, 1881-1891. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02205-w>.

NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine), 2016. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 8.ed. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/19014>.

NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine), 2021. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 9.ed. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25806>.

Oddy, V.H., Dougherty, H.C., Oltjen, J.W., 2019. Integration of energy and protein transactions in the body to build new tools for predicting performance and body composition of ruminants. *Anim. Prod. Sci.* 59, 1970-1979. <https://doi.org/10.1071/AN19229>.

Ørskov, E.R., McDonald, I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92, 499-503. <https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>.

Otto, F., Vilela, F., Harun, M., Taylor, G., Baggasse, P., Bogin, E., 2000. Biochemical blood profile of Angoni cattle in Mozambique. *Isr. J. Vet. Med.* 55, 95-102.

Palowski, A., Yang, Z., Jang, J., Dado, T., Urriola, P.E., Shurson, G.C., 2021. Determination of in vitro dry matter, protein, and fiber digestibility and fermentability of novel corn

- coproducts for swine and ruminants. *Transl. Anim. Sci.* 5, txab055.
<https://doi.org/10.1093/tas/txab055>.
- Paulino, M.F., Detmann, E., Valadares Filho, S.C., 2006. Suplementação animal em pasto: energética ou proteica. In: *SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM*, Viçosa, MG. Anais... Viçosa: UFV, p.359-392.
- Peripolli, E., Banchero, G., Pereira, A.S.C., Brito, G., La Manna, A., Fernandez, E., Montossi, F., Baldi, F., 2018. Effect of growth path on the performance and carcass traits of Hereford steers finished either on pasture or in feedlot. *Anim. Prod. Sci.* 58, 1341-1348.
<https://doi.org/10.1071/AN16061>.
- Romanzini, E., Barbero, R., Reis, R., Hadley, D., Malheiros, E., 2020. Economic evaluation from beef cattle production industry with intensification in Brazil's tropical pastures. *Trop. Anim. Health. Prod.* 52, 2659-2666. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02304-8>.
- Schneider, J.M., Zabel, F., Schünemann, F., Delzeit, R., Mauser, W., 2022. Global cropland could be almost halved: Assessment of land saving potentials under different strategies and implications for agricultural markets. *PLoS ONE.* 17, e0263063.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263063>.
- Simioni, T.A., Torrecilhas, J.A., Messana, J.D., Granja-Salcedo, Y.T., Vito, E.S., Lima, A.R.C., Sanchez, J.M.D., Reis, R.A., Berchielli, T.T., 2021. Influence of growing-phase supplementation strategies on intake and performance of different beef cattle genotypes in finishing phase on pasture or feedlot. *Livest. Sci.* 251, 104653.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104653>.
- Sousa, L.C.O., Palma, M.N.N., Franco, M.O., Detmann, E., 2022. Does frequency of protein supplementation affect performance of cattle under grazing in tropical pastures? *Anim. Feed Sci. Technol.* 289, 115316. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115316>.
- Tesk, C.R.M., Cavalli, J., Pina, D.S., Pereira, D.H., Pedreira, C.G.S., Jank, L., Sollenberger, L.E., Pedreira, B.C., 2020. Herbage responses of Tamani and Quênia guineagrasses to grazing intensity. *Agron. J.* 112, 2081-2091. <https://doi.org/10.1002/agj2.20189>.
- Valadares Filho, S.C., Costa e Silva, L.F., Lopes, S.A., 2016. BR-CORTE 3.0. Cálculo de exigências nutricionais, formulação de dietas e predição de desempenho de zebuínos puros e cruzados. Disponível em: www.brcorte.com.br. Acesso em: 01 de janeiro de 2022.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., 1985. Analysis of forage and fibrous foods. Ithaca: Cornell University. 202p.

611 **Tabela 1.** Quantidades dos ingredientes (g.kg⁻¹) dos concentrados

Ingrediente	Concentrado	
	FS	DDGS
Milho grão triturado	811,55	720,49
Farelo de soja	157,50	-
DDGS	-	250,31
Ureia de liberação lenta ¹	8,38	8,36
Sal comum	5,59	5,57
Calcário calcítico	5,14	8,94
Fosfato bicálcico	6,73	1,27
Bypro ²	1,23	1,23
Pré-mistura de minerais e vitaminas ³	3,88	3,83

612 ¹Optigen®, empresa Alltech®; ²Suplemento alimentar contendo 70% taninos condensados extraídos do
613 Quebracho-vermelho (*Schinopsis lorentzii*); ³ADV Fortuna, vitamitract ADE, sulfato de ferro 30%, enxofre
614 ventilado 99%; FS: farelo de soja; DDGS: dried distiller's grains with solubles.

615 **Tabela 2.** Composição bromatológica dos concentrados e forragem (g.kg MS⁻¹)

Item	Concentrado		Forragem	Alimentos	
	FS	DDGS		FS	DDGS
Matéria seca, (g.kg MN ⁻¹)	903,60	910,91	291,03	967,02	964,70
Matéria seca pd	974,88	965,24	790,25	-	-
Matéria mineral	52,78	45,99	87,64	63,93	49,65
Proteína bruta	170,85	171,16	101,96	548,49	382,96
Extrato etéreo	33,32	47,46	20,06	23,31	70,50
FDNcp	97,20	134,26	597,78	-	-
NIDN	2,42	2,69	5,68	-	-
Fibra em detergente ácido	40,70	69,57	365,19	-	-
FDNi	7,44	17,89	196,36	-	-
Carboidratos não fibrosos	658,80	614,08	192,55	-	-
Nutrientes digestíveis totais	842,44	844,90	569,84	-	-

616 FS: farelo de soja; DDGS: dried distiller's grains with solubles; Matéria Seca pd: matéria seca potencialmente
617 digestível; FDNcp: fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; NIDN: nitrogênio
618 insolúvel em detergente neutro; FDNi: fibra indigestível em detergente neutro

619 **Tabela 3.** Características do capim-Mombaça sob lotação contínua associando níveis de concentrado (NC) e fontes de proteína (FP) durante o
620 período das águas

Item	NC		FP		EPM	P-valor		
	<i>ad libitum</i>	15 g.kg ⁻¹	FS	DDGS		NC	FP	NC*FP ¹
MF (kg MS.ha ⁻¹)	6405,91	6609,70	6466,26	6549,36	259,09	0,593	0,826	0,983
Folha (g.100g ⁻¹)	44,54	44,45	45,71	43,28	1,129	0,953	0,166	0,499
Colmo (g.100g ⁻¹)	18,81 ^b	20,92 ^a	20,16	19,57	0,570	0,031	0,483	0,623
Material morto (g.100g ⁻¹)	36,64	34,64	34,12	37,15	0,989	0,190	0,062	0,302
Relação Folha:Colmo	2,45	2,24	2,40	2,28	0,104	0,188	0,448	0,817
DV total (kg MS.ha ⁻¹ .cm ⁻¹)	129,71 ^a	118,77 ^b	121,84	126,64	2,018	0,005	0,131	0,111
TAF (kg MS.ha ⁻¹ .dia ⁻¹)	112,53	103,39	108,56	107,37	4,531	0,191	0,857	0,699
OF (kg MS.100kg PV ⁻¹)	9,42 ^b	10,89 ^a	9,93	10,38	0,260	0,004	0,261	0,741
Composição bromatológica (g.kg ⁻¹)								
Matéria seca	287,80	294,21	293,22	288,80	0,209	0,063	0,174	0,674
Matéria seca pd ⁱ	807,11	801,92	804,90	804,14	0,186	0,081	0,733	0,830
Matéria orgânica	912,77	911,96	911,33	913,40	1,123	0,062	0,229	0,929
Proteína bruta	102,11	100,10	100,60	101,61	1,070	0,221	0,525	0,638
FDNcp	596,83	598,74	597,67	597,90	3,462	0,706	0,963	0,642
FDNi	193,68	197,75	194,66	196,77	2,165	0,220	0,512	0,762

621 ¹Interação NC e FP; FS: farelo de soja; DDGS: dried distiller's grains with solubles; EPM: erro padrão da média; MF: massa de forragem; DV: densidade volumétrica; TAF:
622 taxa de acúmulo de forragem; OF: oferta de forragem; Matéria seca pd: matéria seca potencial digestível; FDNcp: fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinzas e
623 proteína; FDNi: fibra indigestível em detergente neutro. Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si com $\alpha = 0,05$.

624 **Tabela 4.** Desempenho de bovinos de corte terminados em pastagem de capim-Mombaça associando níveis de concentrado (NC) e fontes de
625 proteína (FP) durante o período das águas

Item	NC		FP		EPM	P-valor		
	<i>ad libitum</i>	15 g.kg ⁻¹	FS	DDGS		NC	FP	NC*FP ¹
PCI (kg)	451,14	448,01	447,48	451,68	3,301	0,521	0,395	0,169
PCF (kg)	577,43 ^a	567,60 ^b	574,48	570,45	3,687	0,041	0,411	0,165
GMD (kg.dia ⁻¹)	1,278 ^a	1,178 ^b	1,246	1,210	0,033	0,038	0,446	0,202
PCarF (kg)	329,42 ^a	322,06 ^b	325,26	326,21	2,832	0,047	0,797	0,488
GMC (kg.dia ⁻¹)	0,815 ^a	0,734 ^b	0,767	0,782	0,028	0,027	0,664	0,639
RC (%)	57,17	56,86	56,68	57,35	0,520	0,639	0,324	0,106
AOL (cm ²)	71,08	69,78	70,45	70,41	1,859	0,614	0,990	0,344
EGS (mm)	4,53	4,57	4,65	4,46	0,197	0,874	0,453	0,057
Eficiência biológica ²	166,98	171,04	168,16	169,86	9,106	0,763	0,901	0,984
TL (UA.ha ⁻¹)	8,20 ^a	6,43 ^b	7,57	7,07	0,183	0,002	0,104	0,934
Produtividade (@.ha ⁻¹)	40,54 ^a	27,12 ^b	34,30	33,36	1,891	0,002	0,741	0,586
Consumo (kg.dia ⁻¹) ³								
CMS total	10,21 ^a	9,96 ^b	10,12	10,05	0,091	0,037	0,543	0,118
CMSc	8,07 ^a	7,15 ^b	7,56	7,67	0,094	0,003	0,461	0,865
CMSp	2,16 ^b	2,86 ^a	2,58	2,44	0,109	<0,0001	0,302	0,700
CPB	1,65 ^a	1,45 ^b	1,52	1,58	0,032	0,004	0,248	0,752
CFDN	2,22 ^b	2,53 ^a	2,28 ^b	2,48 ^a	0,060	<0,0001	0,009	0,467
CCNF	5,43 ^a	4,95 ^b	5,37 ^a	5,01 ^b	0,040	<0,0001	<0,0001	0,873

626 ¹Interação NC e FP; ²kg de concentrado ingerido.@ produzida⁻¹; ³Estimado utilizando a equação BR-Corte; FS: farelo de soja; DDGS: dried distiller's grains with solubles;
627 EPM: Erro padrão da média; PCI: peso corporal inicial; PCF: peso corporal final; GMD: ganho médio diário; PCarF: peso de carcaça final; GMC: ganho médio diário de
628 carcaça; RC: rendimento de carcaça; AOL: área de olho de lombo; EGS: espessura de gordura subcutânea; TL: taxa de lotação; CMS total: consumo de matéria seca total;
629 CMSc: consumo de matéria seca de concentrado; CMSp: consumo de matéria seca de pasto; CPB: consumo de proteína bruta; CFDN: consumo de fibra em detergente neutro;
630 CCNF: consumo de carboidratos não fibrosos. Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si entre si com $\alpha = 0,05$.

631 **Tabela 5.** Perfil sérico de bovinos de corte terminados em pastagem de capim-Mombaça associando níveis de concentrado (NC) e fontes de proteína
632 (FP) durante o período das águas

Itens	NC		FP		EPM	P-valor		
	<i>ad libitum</i>	15 g.kg ⁻¹	FS	DDGS		NC	FP	NC*FP ¹
Proteínas totais (g.L ⁻¹)	69,42	68,91	68,78	69,55	0,852	0,780	0,700	0,952
Ureia (mg.dL ⁻¹)	31,63	29,16	32,36	28,43	1,345	0,159	0,061	0,657
Albumina (g.L ⁻¹)	24,15	23,14	23,23	24,05	0,387	0,552	0,251	0,634
Ácido úrico (mg.dL ⁻¹)	1,77	1,64	1,69	1,71	0,109	0,692	0,834	0,195
Glicose (mg.dL ⁻¹)	74,11	78,64	78,91	73,85	3,490	0,506	0,934	0,344
Colesterol (mg.dL ⁻¹)	102,47	97,39	99,21	100,66	3,148	0,454	0,816	0,368
AST (U.L ⁻¹)	81,46	93,37	87,44	87,39	3,123	0,204	0,823	0,722
ALT (U.L ⁻¹)	86,38	88,28	86,46	88,20	0,816	0,265	0,361	0,172
Fosfatase alcalina (U.L ⁻¹)	89,89	94,22	93,00	91,11	2,132	0,268	0,651	0,262
Gama GT (U.L ⁻¹)	64,09	63,32	67,81	59,60	2,899	0,859	0,214	0,620

633 ¹Interação NC e FP; FS: farelo de soja; DDGS: dried distiller's grains with solubles; EPM: erro padrão da média; AST: aspartato aminotransferase; ALT: alanina
634 aminotransferase; Gama GT: gama glutamiltransferase. Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si entre si com $\alpha=0,05$.

CAPÍTULO II: PARÂMETROS CINÉTICOS DA PRODUÇÃO DE GASES, DIGESTIBILIDADE E METANO *IN VITRO* DE DIETAS CONTENDO NÍVEIS DE CONCENTRADOS COM FARELO DE SOJA OU DDGS PARA TERMINAÇÃO INTENSIVA DE BOVINOS A PASTO

O artigo a seguir está redigido conforme normas de publicação do periódico: **Tropical Animal Health and Production**, exceto o idioma.

<https://www.springer.com/journal/11250/submission-guidelines>

Parâmetros cinéticos da produção de gases, digestibilidade e metano *in vitro* de dietas contendo níveis de concentrados com farelo de soja ou DDGS para terminação intensiva de bovinos a pasto

Adriano Nicoli Roecker^{A*}, Dheyme Cristina Bolson^B, ... e Dalton Henrique Pereira^A

^AGrupo de Estudos em Pecuária Integrada, GEPI, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT, Brasil

^BDepartamento de Pesquisa e Desenvolvimento, Fortuna Nutrição Animal, Nova Canaã do Norte, MT, Brasil

*Autor correspondente. Email: adrianonr96@gmail.com; contato: +55-66-99620-3027

Resumo

Nosso objetivo com este trabalho foi avaliar os parâmetros cinéticos da produção de gases, digestibilidade da matéria seca (DIVMS) e matéria orgânica (DIVMO), nitrogênio amoniacal e metano *in vitro* de dietas contendo níveis de concentrados com farelo de soja ou DDGS para terminação intensiva de bovinos a pasto. O experimento seguiu um delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x2 (dois níveis de concentrado (NC) e duas fontes proteicas (FP)). Os concentrados foram isonitrogenados com variação da fonte proteica: farelo de soja (FS) ou DDGS (dried distiller's grains with solubles). Ambos concentrados foram fornecidos em dois níveis de inclusão: 15 e 17 g kg⁻¹ de PC. A produção de gases foi determinada pelo método automático em 96h de incubação e as variáveis avaliadas em 24 e 48h de incubação pelo método *in vitro* semiautomático. Dietas com NC de 17 g kg⁻¹ apresentaram aumento de 8,93% no volume final de gases (V_f) e maior DIVMS e DIVMO após 48h, comparativamente à 15 g kg⁻¹. Em dietas com FS como FP observamos V_f superior em 5,24% em relação à DDGS. Não houve efeito de NC e FP para as variáveis de produção de metano. O uso de DDGS como fonte de proteína, ao nível de 170 g kg⁻¹ de inclusão em dietas de alto concentrado, apresenta menor DIVMS, DIVMO e V_f, no entanto, sem alterações na produção de metano, em comparação à farelo de soja. Dietas com inclusão de 17 g kg⁻¹ de peso corporal de concentrado, promove melhores padrões cinéticos de digestão *in vitro*.

Palavras-chave: alto concentrado; coprodutos; farelo de soja; gases *in vitro*; terminação intensiva

Abstract

The objective of this study was to evaluate the kinetic parameters of gas production, dry matter digestibility (IVDDM) and organic matter digestibility (IVDOM), *in vitro* ammonia nitrogen and methane of diets containing levels of soybean meal or DDGS concentrates for intensive pasture cattle finishing. The experiment followed a randomized block design, in a 2x2 factorial scheme (two levels of concentrate (CL) and two protein sources (PS)). The concentrates were isonitrogenated with variation in the protein source: soybean meal (SM) or DDGS (dried distiller's grains with solubles). Both concentrates were fed at two inclusion levels: 15 and 17 g kg⁻¹ of BW. Gas production was determined by the automatic method at 96h of incubation and the variables evaluated at 24 and 48h of incubation by the semi-automatic *in vitro* method. Diets with CL of 17 g kg⁻¹ showed an increase of 8.93% in final gas volume (V_f) and higher IVDDM and IVDOM after 48h, compared to 15 g kg⁻¹. In diets with SM as PS we observed V_f higher by 5.24% compared to DDGS. There was no effect of LC and PS for methane production variables. The use of DDGS as a protein source, at the 170 g kg⁻¹ inclusion level in high concentrate diets, shows

lower IVDDM, IVDOM and V_f , however, no changes in methane production compared to soybean meal. Diets with inclusion of 17 g kg^{-1} body weight of concentrate, promotes better *in vitro* digestion kinetic patterns.

Keywords: co-products; high concentrate; *in vitro* gas; intensive finishing; soybean meal

Introdução

A intensificação dos sistemas produtivos pecuários torna-se imprescindível, em virtude das pressões ambientais e sobre o uso da terra como fator produtivo cada vez mais crescentes (Costa et al., 2021; Schneider et al., 2022). A utilização de inclusão de concentrados corresponde a uma importante ferramenta nesse contexto. Programas nutricionais com alta inclusão de concentrado ($>12 \text{ g kg}^{-1}$ do peso corporal), como a terminação intensiva a pasto (TIP) (Torrecilhas et al., 2021), permitem reduzir o período de engorda dos animais, além de propiciar altas taxas de lotação sem comprometer em grandes amplitudes os ganhos individuais, acarretando aumentos expressivos na produtividade (Romanzini et al., 2020; Malafaia et al., 2021).

Tradicionalmente, ingredientes proteicos compreendem a porção mais onerosa da dieta de bovinos, sendo que em suplementações a pasto o farelo de soja compreende a fonte de proteína verdadeira mais utilizada (Sousa et al., 2022). No entanto, à medida que a produção mundial de bioetanol a partir de grãos cresce, há um aumento na disponibilidade de coprodutos, com potencial de utilização na alimentação animal. Em sua maioria, esses coprodutos são secos e comercializados como grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) (Böttger e Südekum, 2017). Todavia, esses alimentos possuem ampla variação na composição nutricional (Palowski et al., 2021), sendo necessários o entendimento dos impactos da sua utilização em ruminantes, tal como da digestibilidade e da cinética de digestão (Leite et al., 2022).

Nesse contexto, a mensuração na eficiência de digestão dos alimentos e nos produtos da fermentação, como produção de gases e ácidos graxos de cadeia curta representam importantes ferramentas. Dentre os métodos utilizados, as estimativas *in vivo* representam o padrão ouro, pois estimam a digestibilidade dos alimentos de forma mais precisa (Di Marco et al., 2009). Contudo, técnicas *in vitro* possuem maior rapidez, utilizam menor número de animais, menores quantidades de amostra na avaliação, além de possuir uma boa precisão e acurácia (Krieg et al., 2017; Liu et al., 2019; Navarro Ortiz e Roa Vega, 2020).

Nesse sentido, nosso objetivo com este trabalho foi avaliar os parâmetros cinéticos da produção de gases, digestibilidade da matéria seca (DIVMS) e matéria orgânica (DIVMO), nitrogênio amoniacal e metano *in vitro* de dietas contendo níveis de concentrados com farelo de soja ou DDGS para terminação intensiva de bovinos a pasto.

Material e Métodos

Local e delineamento experimental

O experimento foi realizado de acordo com princípios éticos na experimentação animal adotados pelo conselho nacional de controle de experimentação animal (CONCEA), tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais do Araguaia (Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT / Campus do Araguaia), Protocolo nº 23108.042666/2020-94.

As dietas experimentais foram formuladas seguindo consumo total de matéria seca (MS) por animal de 22 g kg⁻¹ de peso corporal (PC) dia⁻¹. Os concentrados foram isonitrogenados, formulados para conter 170 g.kg⁻¹ de proteína bruta (na base seca), com variação da fonte de proteína (FP) verdadeira: farelo de soja ou DDGS (fornecido pela empresa Inpasa Agroindustrial, Sinop, Mato Grosso, Brasil) (Tabela 1). Ambos concentrados (sem alteração em sua composição) foram fornecidos em dois níveis de inclusão (nível de concentrado - NC) nas proporções de: 15 g kg⁻¹ de PC (relação volumoso/concentrado de 36:64) e 17 g kg⁻¹ de PC (relação volumoso/concentrado de 29:71). Constituindo um fatorial 2x2, duas FP e dois NS, totalizando 4 dietas experimentais.

Tabela 1. Quantidades dos ingredientes (g.kg⁻¹) dos concentrados

Ingrediente	Concentrado	
	FS	DDGS
Milho grão triturado	811,55	720,49
Farelo de soja	157,50	-
DDGS	-	250,31
Ureia de liberação lenta ^a	8,38	8,36
Sal comum	5,59	5,57
Calcário calcítico	5,14	8,94
Fosfato bicálcico	6,73	1,27
Bypro ^b	1,23	1,23
Pré-mistura de minerais e vitaminas ^c	3,88	3,83

^aOptigen®, empresa Alltech®; ^bSuplemento alimentar contendo 70% taninos condensados extraídos do Quebracho-vermelho (*Schinopsis lorentzii*); ^cADV Fortuna, vitamitract ADE, sulfato de ferro 30%, enxofre ventilado 99%; FS: farelo de soja; DDGS: dried distiller's grains with solubles.

Para a composição das dietas *in vitro* foi utilizado o capim-Mombaça (*Megathyrsus maximus* (Sin. *Panicum maximum*) cv. Mombaça) do período das águas como fonte de volumoso.

Composição bromatológica das amostras de concentrado, forragem e alimentos

As amostras de concentrado, forragem e alimentos foram secas em estufa com ventilação forçada de ar a 55°C até peso constante e, posteriormente, trituradas em moinho de facas com peneira de porosidade de 1 e 2 mm (Wiley, TE-650 TECNAL®) e submetidas à análise bromatológica (Tabela 2).

As análises de composição bromatológica das amostras de forragem e concentrado, foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal e Forragicultura da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) - campus Sinop. O conteúdo de matéria seca (MS) (método nº 934.01), matéria orgânica (MO) (método nº 942,05), extrato etéreo (EE) (método nº 920.39) e N utilizando o método Kjeldahl (método nº 981.10) foram quantificados de acordo com a AOAC (2000). A proteína bruta foi calculada como a percentagem de N na amostra, multiplicado por 6,25. Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, com o uso de alfa-amilase termoestável, sem o uso de sulfito de sódio para as amostras de concentrado (FDNcp) foi mensurada de acordo Mertens (2002) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) segundo Van Soest e Robertson (1985). FDN indigestível (FDNi) foi quantificada conforme Casali et al. (2008) e carboidratos não fibrosos (CNF) Hall (2000).

Para estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT) utilizou-se o modelo estimado sugerido por NASEM (2016). A MS potencialmente digestível (MSpd) foi obtida conforme descrito por Paulino et al. (2006), segundo a Eqn 1:

$$MSpd (g.kg^{-1}) = 0,98 \times (100 - FDN) + (FDN - FDNi) \quad (\text{Eqn 1})$$

Onde:

FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDNi = fibra insolúvel em detergente neutro indigestível.

122 **Tabela 2.** Composição bromatológica dos concentrados e forragem (g.kg MS⁻¹)

Item	Concentrado		Forragem	Alimentos	
	FS	DDGS		FS	DDGS
Matéria seca, (g.kg MN ⁻¹)	903,60	910,91	291,03	967,02	964,70
Matéria seca pd	974,88	965,24	790,25	-	-
Matéria mineral	52,78	45,99	87,64	63,93	49,65
Proteína bruta	170,85	171,16	101,96	548,49	382,96
Extrato etéreo	33,32	47,46	20,06	23,31	70,50
FDNcp	97,20	134,26	597,78	-	-
NIDN	2,42	2,69	5,68	-	-
Fibra em detergente ácido	40,70	69,57	365,19	-	-
FDNi	7,44	17,89	196,36	-	-
Carboidratos não fibrosos	658,80	614,08	192,55	-	-
Nutrientes digestíveis totais	842,44	844,90	569,84	-	-

123 FS: farelo de soja; DDGS: dried distiller's grains with solubles; Matéria Seca pd: matéria seca potencialmente
 124 digestível; FDNcp: fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; NIDN: nitrogênio
 125 insolúvel em detergente neutro.

126
 127 **Ensaio *in vitro***

128 Para a quantificação da produção de gases *in vitro* e estimativa dos parâmetros cinéticos foi utilizado o
 129 sistema automático com transdutor de pressão (Ankom[®] RF – Gas Production System (GAPS)), em que a produção
 130 de gases foi registrada durante 96 horas, com registros em intervalos de 5 minutos. A digestibilidade *in vitro* da
 131 MS (DIVMS) e da MO (DIVMO), bem como a quantificação da produção de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) nos
 132 tempos de 24 e 48 horas, foi realizada por meio do sistema semiautomático de incubação *in vitro* (Mauricio et al.,
 133 1999) em frascos de penicilina de 125 mL.

134 O líquido ruminal (inóculo) utilizado nas incubações foi coletado em dois bovinos machos mestiços
 135 Holandês x Nelore, castrados, providos de cânulas ruminais permanentes, com média de 800 kg de peso corporal,
 136 recebendo 5,0 kg dia⁻¹ de concentrado (milho, DDGS, farelo de soja, ureia e premix mineral vitamínico, sem a
 137 inclusão de antibióticos e aditivos naturais). Os animais foram mantidos adaptados às condições de pastejo, em
 138 pastagem de gramínea tropical no período das águas. A coleta era realizada no dia da incubação antes da
 139 alimentação dos animais e na região do saco ventral do rúmen, retirando fração sólida + líquida. Posteriormente,
 140 filtradas manualmente em pano 100% de algodão para separar apenas a fração líquida, colocada em garrafas
 141 térmicas pré-aquecidas a 39±0,5°C até completar a capacidade do recipiente, sendo as amostras imediatamente
 142 transferidas para o laboratório, onde as incubações foram realizadas. O inóculo foi composto pelo líquido ruminal
 143 proveniente dos dois animais em volumes iguais.

As incubações foram realizadas em três dias não consecutivos. No sistema automático (Ankom®), constituído por 3 incubações × 4 tratamentos × 2 repetições, mais 2 frascos brancos (sem amostra) por incubação, somando 10 frascos por incubação. Para o sistema semiautomático, constituído por 3 incubações × 4 tratamentos × 4 repetições, mais 4 frascos brancos por incubação, somando 20 frascos por incubação.

A solução tampão foi preparada 24 horas antes de cada incubação seguindo a metodologia proposta por McDougall (1948), adicionando-se solução redutora proposta por Fukushima et al. (2003), em uma relação de 44,93 mL por litro de solução tampão e 1,25 mL de solução de rezazurina 1% para cada litro de solução de fermentação. A solução ficou sob borbulhamento com CO₂ até a saturação, quando ocorre a mudança de coloração do azul escuro para o translúcido, o que indica ausência de O₂. A solução final permaneceu em estufa com temperatura de 39° C até o momento da incubação.

Para o sistema automático com transdutor de pressão (Ankom®) foram utilizados frascos de vidro de 250 mL. No dia anterior à incubação, foi adicionado 1,000±0,0003 g de dieta (forragem+concentrado) nas proporções de volumoso/concentrado de cada tratamento nos devidos frascos, que foram levados para estufa a 39°C. No dia da incubação foram adicionados 100 mL de líquido de fermentação (constituído de 80 mL de solução tampão e 20 mL de líquido ruminal). Após o fechamento dos frascos do sistema automático, que ocorria imediatamente após a adição de tampão-inóculo, foi realizada a injeção extra de CO₂ (via válvula injetora) a fim de assegurar melhores condições de anaerobiose, sendo incubados a 39°C por 96 horas.

Para o sistema semiautomático foram utilizados frascos de vidro de penicilina (125 mL). No dia anterior à incubação, foi adicionado 0,500±0,0003 g de dieta (forragem+concentrado) nas proporções de volumoso/concentrado de cada tratamento nos devidos frascos, que foram levados para estufa a 39±0,5°C. No dia da incubação foram adicionados 50 mL de líquido de fermentação (constituído de 40 mL de solução tampão e 10 mL de líquido ruminal) e o *headspace* dos frascos foi mantido com inserção de CO₂. Após isso foram fechados com tampas de borracha e selados com lacres de alumínio. Os frascos foram acondicionados em banho maria durante 48 horas a 39±0,5°C, com agitação a 40 rotações por minuto.

Todo o procedimento ocorreu sob aspersão de CO₂, assim como as incubações foram conduzidas com o uso de técnicas anaeróbicas e assépticas.

No período de 24 horas, dois frascos aleatórios de cada tratamento e brancos foram retirados, imediatamente abertos e colocados em banho de gelo para cessar a fermentação. Posteriormente, o conteúdo de cada frasco foi filtrado sob vácuo através de cadinho de Gooch numeração 1.

O líquido obtido foi utilizado para medir teor de N-NH₃ através do método de destilação por Kjeldahl

(AOAC, 2000), em que 2 mL do filtrado foram pipetados no tudo de digestão com 10 mL de hidróxido de potássio (KOH 2M) e 5 mL de água destilada. A amostra foi submetida a destilação e titulação, para posterior cálculo.

Os resíduos de fermentação obtidos foram secos a 105°C durante 16 horas (método nº 934.01, AOAC, 2000) para estimar a digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS). Posteriormente foram acondicionados em cadinhos para queima em mufla, a 550°C por quatro horas para determinar a digestibilidade *in vitro* da MO (DIVMO), conforme método nº. 924,05 (AOAC, 2000). Estes procedimentos foram realizados da mesma forma no período de 48 horas.

Produção de metano

Para o ensaio de produção do metano, foram utilizados como doadores de líquido ruminal, três bovinos machos, mestiços, adultos, com peso médio 400 kg, providos de cânula ruminal. Os ensaios foram repetidos quatro vezes no tempo. Os animais foram mantidos em pasto de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, na Fazenda Experimental da Faculdade de Agronomia e Zootecnia (Santo Antônio de Leverger), consumindo 1 g kg⁻¹ do PC em concentrado composto por milho grão moído, farelo de soja e suplemento mineral.

A coleta do inóculo ruminal ocorreu pelo menos 2 horas após a alimentação matinal dos bovinos, e foram retiradas frações de conteúdo de vários pontos do rúmen. Esse conteúdo foi filtrado e o líquido resultante armazenado em garrafa térmica, previamente aquecida a 39°C. Após a coleta, as garrafas térmicas foram levadas para o Laboratório de Nutrição Animal (Cuiabá), onde o líquido ruminal foi novamente filtrado antes do início da incubação.

Foram pesados 400 mg de amostra de cada tratamento, e transferidos para frascos âmbar com 100 mL de capacidade. Como tampão, foi utilizada a solução de McDougall (1948), adicionado da solução redutora contendo resarzurina (FUKUSHIMA et al., 2003). Aos frascos âmbar, foi adicionado 40 mL do meio, na proporção de 4:1 (tampão:líquido ruminal), que foi constantemente mantido a 39°C e gaseificado com CO₂ (99% de pureza) durante o processo de incubação. Os frascos foram lacrados utilizando tampas de borracha e anilhas de alumínio, colocados em banho-maria a 39°C sob constante agitação orbital (Dubnoff modelo SL-158/46E, Solab, Piracicaba, Brasil), e a pressão interna zerada a partir do uso de um manômetro digital de pressão portátil (Druck DPI705, com sensor interno, 0,1% de precisão e escala de pressão até 30 psi).

A pressão acumulada em 24h foi medida em libras por polegada quadrada (psi), e depois transformada em volume (mL) para obtenção do volume total de gás produzido neste período. Em todas as incubações foram utilizados frascos denominados “brancos”, contendo apenas o meio, com o objetivo de descontar sua contribuição na pressão e nos gases.

Para a mensuração do metano, amostras de gás foram colhidas utilizando seringas comuns com capacidade para 20 mL e, no mesmo dia, o gás armazenado foi injetado em cromatógrafo gasoso 7890A (Agilent Technologies, EUA), valvulado, provido de duas colunas capilares sequenciais para a análise do CO₂ e CH₄, em detector TCD. O nitrogênio (5.0 FID) foi utilizado como gás arraste. O tempo de retenção e área dos picos foram obtidos com o uso do software OpenLab. A área de metano foi quantificada a partir da comparação com o gás padrão de calibração externa (40 mol mol⁻¹ de CH₄ e 60 mol mol⁻¹ de CO₂ como balanço) confeccionado pela Messer Gases for Life.

A partir da concentração molar de CO₂ e CH₄ analisada, foram realizadas as devidas correções para moles em relação ao volume injetado (0,25 mL amostrado pela primeira válvula do equipamento) e volume de gás produzido em 24h, levando-se em consideração as Condições Normais de Pressão e Temperatura (CNTP), utilizando-se o valor 22,413968 L mol⁻¹. A quantidade de moles de CO₂ e CH₄ foi expressa em relação à matéria seca incubada, digerida e matéria orgânica digerida.

Para as estimativas de metano por ano (kg CH₄ ano⁻¹) foi utilizado como referência um bovino zebuino de 510 kg, com consumo total de MS 22 g kg⁻¹ de peso corporal (PC) dia⁻¹.

Análise estatística

Os perfis de produção cumulativa de gás *in vitro* foram analisados em conjunto por meio de ajustes de modelos não lineares em uma primeira etapa. Os modelos analisados foram os monofásicos monomolecular, ou exponencial de primeira ordem (Eqn 2), e o Gompertz (Eqn 3), reparametrizados por Schofield et al. (1994).

$$V_t = V_f [1 - \exp(-kt)] \quad (\text{Eqn 2})$$

$$V_t = V_f \exp\{-\exp[1 + ke(L - t)]\} \quad (\text{Eqn 3})$$

O termo V_t representa a produção cumulativa de gases *in vitro* em função do tempo (t , h). Os modelos das Eqns (2 e 3) são monofásicos (unicompartimentais) com produção assintótica de gás em V_f . A equação (2) descreve uma cinética de degradação exponencial de primeira ordem, sem latência, enquanto o Eqn (3) é sigmoide com latência discreta (L). Em ambos k (h⁻¹) é a taxa de degradação do substrato.

Para os testes de ajustes dos modelos aos perfis foi utilizado o procedimento não linear (PROC NLIN) do software SAS (SAS OnDemand). No ajuste de ambos os modelos foi registrado a soma de quadrado do erro (SQE) para o cálculo do Critério de Akaike corrigido para pequenas amostras - AICc (Eqn 4; (Akaike, 1974; Sugiura,

1978; Burnham e Anderson, 2004; Vieira et al., 2012). Para a escolha do modelo que melhor ajustou ao conjunto de perfis foi utilizado o menor AICc entre os dois modelos ajustados.

$$AICc = n \ln \ln \left(\frac{SQR}{n} \right) + 2\theta + 2\theta \frac{\theta+1}{n-\theta-1} \quad (\text{Eqn 4})$$

Dentro cada modelos ajustados foram utilizados para calcular o AICc, a quantidade de observações (*n*) realizadas para formação do perfil de produção cumulativa de gás *in vitro*, o logaritmo natural da razão entre *SQR* e *n*, além dos números de parâmetros (*θ*) de cada modelo.

Com o melhor modelos entre aqueles analisados, foram realizados ajustes para cada unidade experimental (incubação=3) dentro de cada tratamento (NC*FP=4). Desta forma, foram realizados 12 ajustes com o modelo escolhido, e os valores estimados de cada parâmetro do modelo (considerado os parâmetros cinéticos de digestão) foi recolhido para análise seguinte.

A segunda etapa de análise dos parâmetros cinéticos, bem como as análises da concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e da digestibilidade da matéria seca (DIVMS) e orgânica (DIVMO) foram analisadas por meio do procedimento linear misto (PROC MIXED) do software SAS (Eqn 5).

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + a_k + e_{ijk} \quad (\text{Eqn 5})$$

O termo *y_{ijk}* denota efeito, em cada unidade experimental aleatória *a* (*k*=1, 2 e 3), dos fatores nível de concentrado *α* (*i*=1 e 2) e das fontes de proteína *β* (*j*=1 e 2), para variáveis de cinética de digestão *in vitro*, N-H₃ e digestibilidade. Os termos *μ* e *e_{ijk}* representam a média geral e o erro experimental entre as unidades experimentais, respectivamente.

Resultados

Produção de gases *in vitro*

Entre os modelos testados para descrever os perfis de produção cumulativa de gás *in vitro*, o modelo de Gompertz (Eq. 1) com parâmetro de latência, foi o que apresentou ajuste de acordo com critério de verossimilhança. Portanto, os parâmetros cinéticos foram estimados a partir deste modelo.

O volume assintótico (*V_f*) de produção de gás *in vitro* não apresentou efeito de interação NC*FP (*P*>0,05). Entretanto, foi observado diferença entre os valores estimados para *V_f* entre NC e FP (*P*<0,05). Dietas com NC 17

g kg⁻¹ apresentaram aumento de 8,93% no V_f comparativamente à 15 g kg⁻¹. Da mesma forma, para as dietas contendo FS como FP observamos V_f superior em 5,24% em relação à DDGS (Tabela 3).

As estimativas dos demais parâmetros cinéticos: taxa de produção de gás (*k*), tempo de latência (*L*) e tempo médio de digestão (TMD), não apresentaram efeito de interação NC*FP, NC e FP (*P*>0,05), com médias de 0,023 h⁻¹, 5,36 h e 49,08 h, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros cinéticos da produção de gases nas dietas associando níveis de concentrado (NC) e fontes de proteína (FP) durante o período das águas

Parâmetro	NC		FP		EPM	P-valor		
	17 g kg ⁻¹	15 g kg ⁻¹	DDGS	FS		NC	FP	NC*FP ^a
V _f (mL g ⁻¹ MS)	206,3a	189,4b	192,8b	202,9a	2,120	0,001	0,015	0,334
<i>k</i> (h ⁻¹)	0,023	0,023	0,023	0,024	0,001	0,320	0,156	0,893
<i>L</i> (h)	4,74	5,98	6,29	4,43	1,294	0,320	0,156	0,893
TMD (h)	48,28	49,88	51,46	46,70	1,884	0,570	0,124	0,886

^aInteração NC e FP; FS: farelo de soja; DDGS: dried distiller's grains with solubles; EPM: erro padrão da média; V_f: volume final estimado de gases; *k*: taxa de produção de gás; *L*: latência; TMD: tempo médio da digestão *in vitro*. Médias seguidas por diferentes letras na linha diferem entre si pelo teste *F* ($\alpha = 0,05$).

Digestibilidades e nitrogênio amoniacal

A DVIMS e DIVMO em 24 horas apresentaram efeito de interação NC*FP (*P*<0,05) (Tabela 4). Desta maneira, observamos que a DIVMS e DIVMO das dietas com NC 17 g kg⁻¹ não diferiram em relação as FP (*P*>0,05), apresentado médias 45,85 g 100g⁻¹ e 45,01 g 100g⁻¹, respectivamente. Em contrapartida, as DIVMS e DIVMO das dietas com NC 15 g kg⁻¹ foram maiores com FS como FP em comparação à DDGS (*P*<0,05) (Figura 1). Dentro de FP, as dietas contendo DDGS apresentaram maiores DIVMS e DIVMO com NC 17 g kg⁻¹ do que 15 g kg⁻¹ (*P*<0,05), por outro lado, com FS como FP, não observamos efeito das digestibilidades entre os NC (*P*>0,05) (Figura 1) e, portanto, apresentaram médias de 43,55 g 100g⁻¹ e 43,47 g 100g⁻¹ para DIVMS e DIVMO, respectivamente.

A concentração de N-NH₃ das incubações *in vitro* em 24 h não apresentou efeito de interação NC*FP e NC (*P*<0,05). Por outro lado, dietas contendo DDGS apresentaram concentração de N-NH₃ 18,98% superior em relação à FS (*P*<0,05) (Tabela 4).

Tabela 4. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e da matéria orgânica (DIVMO), e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) nas dietas associando níveis de concentrado (NC) e fontes de proteína (FP) durante o período das águas em 24 horas de incubação.

Parâmetro	NC		FP		EPM	P-valor		
	17 g kg ⁻¹	15 g kg ⁻¹	DDGS	FS		NC	FP	NC*FP ^a
DIVMS (g 100g ⁻¹)	45,89	39,25	41,60	43,55	1,035	<0,001	0,197	0,048
DIVMO (g 100g ⁻¹)	45,01	39,10	40,64	43,47	1,029	<0,001	0,055	0,028
N-NH ₃ (mg dL ⁻¹)	7,24	7,41	7,96a	6,69b	1,381	0,683	0,007	0,114

^aInteração NC e FP; FS: farelo de soja; DDGS: dried distiller's grains with solubles; EPM: erro padrão da média. Médias seguidas por diferentes letras na linha diferem entre si pelo teste *F* ($\alpha = 0,05$).

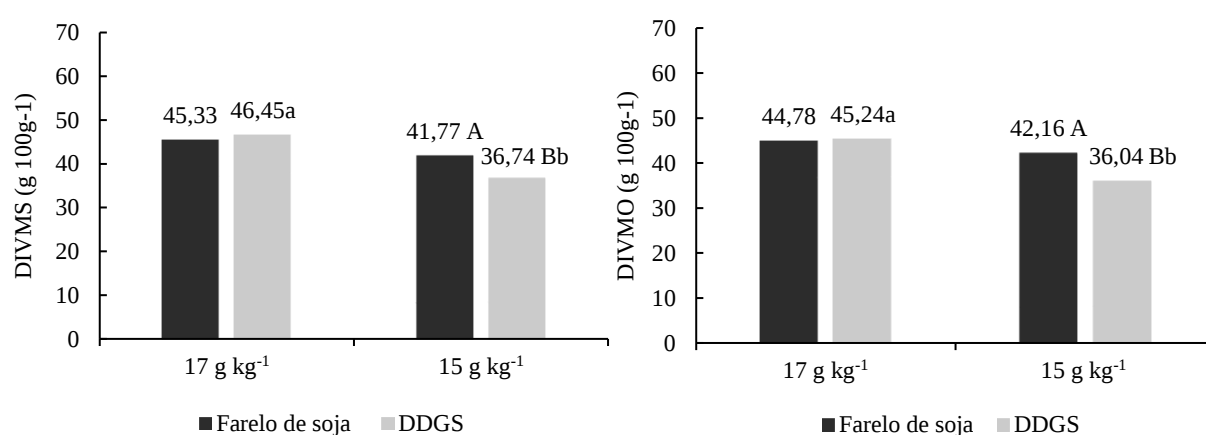


Figura 1. Interação NC*FP para digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e da matéria orgânica (DIVMO) nas dietas associando níveis de concentrado (NC) e fontes de proteína (FP) durante o período das águas em 24 horas de incubação

DDGS: dried distiller's grains with solubles; EPM: erro padrão da média. Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas e minúsculas na mesma linha e coluna diferem entre si pelo teste *F* ($\alpha = 0,05$), respectivamente.

A DVIMS e DIVMO em 48 horas não apresentaram efeito de interação NC*FP ($P > 0,05$). Houve diferença de NC para DVIMS e DIVMO ($P < 0,05$), onde para dietas com NC de 17 g kg⁻¹ do que 15 g kg⁻¹ observamos médias de digestibilidades superiores para ambos os componentes. Dietas contendo FS como FP apresentaram maiores valores de DVIMS e DIVMO ($P < 0,05$) em comparação à DDGS (Tabela 5).

A concentração de N-NH₃ das incubações *in vitro* em 48 h não apresentou efeito de interação NC*FP e NC ($P > 0,05$). Houve efeito na fonte de proteína ($P = 0,007$), sendo a concentração de N-NH₃ de dietas contendo DDGS 18,81% superior ($P < 0,05$) comparativamente à FS (Tabela 5).

Tabela 5. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e da matéria orgânica (DIVMO), e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) nas dietas associando níveis de concentrado (NC) e fontes de proteína (FP) durante o período das águas em 48 horas de incubação.

Parâmetro	NC		FP		EPM	P-valor		
	17 g kg ⁻¹	15 g kg ⁻¹	DDGS	FS		NC	FP	NC*FP ^a
DIVMS (g 100g ⁻¹)	72,61a	67,26b	67,36b	72,51b	0,752	<0,001	<0,001	0,521
DIVMO (g 100g ⁻¹)	73,97a	67,78b	68,17b	73,58a	0,830	<0,001	<0,001	0,261
N-NH ₃ (mg dL ⁻¹)	10,60	9,29	10,80a	9,09b	0,971	0,089	0,030	0,844

^aInteração NC e FP; FS: farelo de soja; DDGS: dried distiller's grains with solubles; EPM: erro padrão da média. Médias seguidas por diferentes letras na linha diferem entre si pelo teste *F* ($\alpha = 0,05$).

Metano

Não houve efeito de interação NC*FP ($P > 0,05$) para a produção total de gases. Por outro lado, dietas com NC de 17 g kg⁻¹ apresentaram maior produção de gases do que 15 g kg⁻¹ ($P < 0,05$). Houve maior produção de gases ($P < 0,05$) nas dietas contendo FS como FP em relação à DDGS (Tabela 6).

As estimativas dos parâmetros de produção de CH₄ não apresentaram efeito de interação NC*FP, NC e FP ($P > 0,05$) (Tabela 6).

Tabela 6. Produção total de gases e metano (CH₄) *in vitro* nas dietas associando níveis de concentrado (NC) e fontes de proteína (FP) durante o período das águas em 48 horas de incubação.

Parâmetro	NC		FP		EPM	P-valor		
	17 g kg ⁻¹	15 g kg ⁻¹	DDGS	FS		NC	FP	NC*FP ^a
Gás total (mL g ⁻¹ MS)	217,47	203,56	205,64	215,39	2,193	<0,0001	0,004	0,913
CH ₄ (mg g ⁻¹ MS)	14,11	13,23	13,69	13,65	0,404	0,134	0,943	0,806
CH ₄ (mg g ⁻¹ MO)	15,47	14,50	14,99	14,98	0,443	0,134	0,986	0,805
CH ₄ (mL g ⁻¹ MS)	19,72	18,49	19,13	19,07	0,564	0,134	0,943	0,806
CH ₄ (kg ano ⁻¹)	57,79	54,19	56,07	55,91	1,489	0,134	0,943	0,806

^aInteração NC e FP; FS: farelo de soja; DDGS: dried distiller's grains with solubles; EPM: erro padrão da média. Médias seguidas por diferentes letras na linha diferem entre si pelo teste *F* ($\alpha = 0,05$).

Discussão

O maior V_f observado nas dietas com NC de 17 g kg⁻¹ pode ser explicado pela maior proporção de concentrado. O volume de gás de uma dieta em incubação é produzido a partir da fermentação dos ingredientes à ácidos orgânicos, gás metano (CH₄) e carbônico (CO₂), através da microbiota de origem ruminal (Ding et al., 2015). Em dietas que apresentam alta inclusão de concentrados, a proporção de forragem e relação

volumo/concentrado é drasticamente reduzida (Moore, 1980; Peripolli et al., 2018). Comparativamente a forragem, os concentrados fornecem maiores quantidades de nutrientes fermentescíveis para a microbiota ruminal e maximizam seu crescimento, como resultado maiores volumes de gás são produzidos.

Por outro lado, o maior V_f observado nas dietas contendo FS como FP em relação a DDGS pode estar associado a concentração de CNF nos concentrados. Nas dietas contendo DDGS como fonte proteica, observamos menor conteúdo de CNF, sendo a fermentação dessa porção, relacionada com as maiores taxas de degradação e produção de gases comparativamente a carboidratos fibrosos (Místa et al., 2014).

Em ambas as dietas, os concentrados eram isonitrogenados, com diferentes concentrações de PB nas FP, com isso houve maior incremento de milho na dieta contendo FS, reduzindo proporcionalmente a participação da FP na composição dos concentrados, quando comparada a DDGS. Aliado a isso, no processo de produção de etanol a partir do milho, o amido (principal CNF do grão) é consumido, reduzindo expressivamente sua concentração na massa de grãos residual (Kannadhasan et al., 2011). Em virtude desses aspectos, dietas contendo DDGS como fonte proteica, apresentam menor conteúdo de CNF, principalmente amido. Os dados do presente estudo sugerem menor V_f com a inclusão de DDGS como FP ao nível de 190 g kg⁻¹ do ingrediente na dieta, em comparação a FS, demonstrando a necessidade de mais estudos e avaliações de níveis de inclusão desse coproduto em dietas de alta inclusão de concentrado.

No entanto, demais parâmetros cinéticos analisados: taxa de produção de gás (k), tempo de latência (L) e tempo médio de digestão (TMD) não foram influenciados. O uso de DDGS como FP, promove redução dos CNF, principalmente amido, substituindo-o por uma combinação de gordura, proteína e fibra de alta digestão, que podem diminuir a quantidade total de AGCC produzidos no rúmen, reduzindo o potencial de acidose subaguda (Ham et al., 1994), aspecto extremamente importante em dietas de terminação com alto nível de concentrado, como a TIP, demonstrando assim um potencial de uso desse coproduto do etanol de milho.

A DIVMS e a DIVMO no horário de 24 horas tiveram comportamento similar. A ausência de significância na DIVMS e DIVMO para FP pode ser explicada pela maior proporção de concentrado nas dietas com NC de 17 g kg⁻¹. Por outro lado, nas dietas com NC de 15 g kg⁻¹, a maior DIVMS e DIVMO com a utilização de FS como FP, podem estar relacionadas com maior conteúdo de CNF dos concentrados e a composição do ingrediente de proteína verdadeira dessa dieta.

Em dietas com menor inclusão de concentrado e menor fornecimento de nutrientes fermentescíveis, a composição do concentrado passa a ser mais expressivo. O farelo de soja apresenta-se como alimento de maior e mais rápida fermentação para a microbiota ruminal comparativamente ao DDGS, por apresentarem maior

proporção da fração potencialmente digestível da MS (Lee et al., 2016). Além disso, em virtude do maior conteúdo de CNF dos concentrados contendo FS como FP, possivelmente houve melhor sincronismo de velocidade de degradação entre energia e N (Mista et al., 2014). Isso pode maximizar a eficiência de uso do N pela microbiota ruminal, principalmente das bactérias celulolíticas (Cherdthong et al., 2011), o que poderia colaborar para o aumento da digestibilidade nessas dietas com uma proporção maior de forragem (Elghandour et al., 2017).

Por outro lado, a maior DIVMS e DIVMO em 48 horas para as dietas contendo NC de 17 g kg⁻¹ possivelmente é resultado da maior proporção de concentrado em comparação a 15 g kg⁻¹. Além disso, a composição dos concentrados, principalmente maior conteúdo de CNF, podem evidenciar a maior DIVMS e DIVMO para dietas contendo FS em relação a DDGS como FP.

Os dados de produção de CH₄ não foram significativamente afetados, o que pode ser atribuído aos níveis de inclusão de concentrado e a composição nutricional da fonte de volumoso. No rúmen, microrganismos metanogênicos produzem CH₄ a partir de H₂ e CO₂ (Beauchemin et al., 2008). Portanto, a inclusão de concentrado na dieta corresponde a uma alternativa para a mitigação de CH₄, uma vez que aumenta a concentração de propionato e reduz a proporção acetato:propionato no rúmen, e por consequência, o fornecimento de H₂ para a população metanogênica (Janssen, 2010; Beauchemin et al., 2020). No entanto, como as diferenças entre NC não eram extremamente contrastantes, aliado a boa composição nutricional da fonte de volumoso, semelhanças na condição nutricional das dietas podem explicar a ausência de resultados para CH₄ no presente estudo.

Os valores de CH₄ por ano encontrados no presente estudo encontram-se próximos aos valores padrões de emissão definidos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2006) de 56 kg CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹ para gado de corte. Esses dados sugerem que as dietas avaliadas para bovinos em terminação intensiva, com altos volumes de concentrado, estão dentro do padrão adequado de emissão de metano.

O uso de DDGS como fonte de proteína, ao nível de 170 g kg⁻¹ de inclusão em dietas de alto concentrado, apresenta menor digestibilidade *in vitro* da matéria seca e matéria orgânica, e menor volume de gases produzidos, no entanto, sem alterações na produção de metano, em comparação ao farelo de soja. Dietas com inclusão de 17 g kg⁻¹ de peso corporal de concentrado, promove melhores padrões cinéticos de digestão *in vitro*.

Referências

- Akaike, H., 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control, 19, 716-723.
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis, 15th ed. (Arlington).
- Bahrami-yekdangi, M., Ghorbani, G.R., Khorvash, M., Khan, M.A. and Ghaffari, M.H., 2016. Reducing crude protein and rumen degradable protein with a constant concentration of rumen undegradable protein in the diet of dairy cows: Production performance, nutrient digestibility, nitrogen efficiency, and blood metabolites1. Journal of Animal Science, 94, 718-725.

- Beauchemin, K.A., Kreuzer, M., O'Mara, F. and McAllister, T.A., 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48, 21-27.
- Beauchemin, K.A., Ungerfeld, E.M., Eckard, R.J. and Wang, M., 2020. Review: Fifty years of research on rumen methanogenesis: lessons learned and future challenges for mitigation. *Animal*, 14, s2-s16.
- Böttger, C. and Südekum, K.H., 2017. European distillers dried grains with solubles (DDGS): Chemical composition and in vitro evaluation of feeding value for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 224, 66-77.
- Burnham, K.P. and Anderson, D.R., 2004. Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection. *Sociological Methods & Research*, 33, 261-304.
- Casali, A.O., Detmann, E., Valadares Filho, S.d.C., Pereira, J.C., Henriques, L.T., Freitas, S.G.d. and Paulino, M.F., 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. *R. Bras. Zootec*, 37, 335-342.
- Cherdthong, A., Wanapat, M. and Wachirapakorn, C., 2011. Influence of urea-calcium mixtures as rumen slow-release feed on in vitro fermentation using a gas production technique. *Archives of Animal Nutrition*, 65, 242-254.
- Costa, C.M., Difante, G.S., Costa, A.B.G., Gurgel, A.L.C., Ferreira Jr, M.A. and Santos, G.T., 2021. Grazing intensity as a management strategy in tropical grasses for beef cattle production: a meta-analysis. *Animal*, 15, 100192.
- Di Marco, O.N., Ressa, M.A., Arias, S., Aello, M.S. and Arzadún, M., 2009. Digestibility of forage silages from grain, sweet and bmr sorghum types: Comparison of in vivo, in situ and in vitro data. *Animal Feed Science and Technology*, 153, 161-168.
- Ding, S., Oba, M., Swift, M.L., O'Donovan, J.T., Edney, M.J., McAllister, T.A. and Yang, W.Z., 2015. In vitro gas production and dry matter digestibility of malting barley grain sown with different seeding and nitrogen fertilization rates in Canada. *Animal Feed Science and Technology*, 199, 146-151.
- Elghandour, M.M.Y., Vázquez, J.C., Salem, A.Z.M., Kholif, A.E., Cipriano, M.M., Camacho, L.M. and Márquez, O., 2017. In vitro gas and methane production of two mixed rations influenced by three different cultures of *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Applied Animal Research*, 45, 389-395.
- Fukushima, R., Weimer, P. and A, K., 2003. Use of photocatalytic reduction to hasten preparation of culture media for saccharolytic *Clostridium* species. *Brazilian Journal of Microbiology*, 34, 22-26.
- Hall, M.B., 2006. Neutral detergent-soluble carbohydrates. Nutritional relevance and analysis. (Gainesville: University of Florida. 76p, 339.
- Ham, G.A., Stock, R.A., Klopfenstein, T.J., Larson, E.M., Shain, D.H. and Huffman, R.P., 1994. Wet corn distillers byproducts compared with dried corn distillers grains with solubles as a source of protein and energy for ruminants. *Journal of Animal Science*, 72, 3246-3257.
- IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE), 2006. Emissions from livestock and manure management. In: EGGLESTON, H.S.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K. (eds). *IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories*. Hayama: IGES, 10, 747-846.
- Janssen, P.H., 2010. Influence of hydrogen on rumen methane formation and fermentation balances through microbial growth kinetics and fermentation thermodynamics. *Animal Feed Science and Technology*, 160, 1-22.
- Johnson, A.D., 1978. Sample preparation and chemical analysis of vegetation. In: t 'MANEJET, L. (Ed.). *Measurement of grassland vegetation and animal production*. Aberystwyth: Commonwealth Agricultural Bureaux, 96-102.
- Kannadhasan, S., Muthukumarappan, K. and Rosentrater, K.A., 2011. Effect of Starch Sources and Protein Content on Extruded Aquaculture Feed Containing DDGS. *Food and Bioprocess Technology*, 4, 282-294.
- Klopfenstein, T.J., Erickson, G.E. and Bremer, V.R., 2008. Board-Invited Review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *J. Anim. Sci*, 86, 1223-1231.
- Krieg, J., Seifried, N., Steingass, H. and Rodehutschord, M., 2017. In situ and in vitro ruminal starch degradation of grains from different rye, triticale and barley genotypes. *Animal*, 11, 1745-1753.
- Krogstad, K.C., Herrick, K.J., Morris, D.L., Hanford, K.J. and Kononoff, P.J., 2021. The effects of pelleted dried distillers grains and solubles fed with different forage concentrations on rumen fermentation, feeding behavior, and milk production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci*, 104, 6633-6645.
- Lee, Y.H., Ahmadi, F., Choi, D.Y. and Kwak, W.S., 2016. In situ ruminal degradation characteristics of dry matter and crude protein from dried corn, high-protein corn, and wheat distillers grains. *Journal of Animal Science and Technology*, 58, 33.
- Leite, R.G., Hoffmann, A., Romanzini, E.P., Delevatti, L.M., Ferrari, A.C., Fonseca, N.V.B., Barbero, R.P., Cardoso, A.S. and Reis, R.A., 2022. Zebu cattle fed dry distiller's grain or cottonseed meal had greater nitrogen utilization efficiency than non-supplemented animals. *Tropical Animal Health and Production*, 54, 119.
- Liu, C., Li, D., Chen, W., Li, Y., Wu, H., Meng, Q. and Zhou, Z., 2019. Estimating ruminal crude protein

- degradation from beef cattle feedstuff. *Scientific Reports*, 9, 11368.
- Malafaia, G.C., Mores, G.d.V., Casagrande, Y.G., Barcellos, J.O.J. and Costa, F.P., 2021. The Brazilian beef cattle supply chain in the next decades. *Livestock Science*, 253, 104704.
- Manoukian, M., DelCurto, T., Kluth, J., Carlisle, T., Davis, N., Nack, M., Wyffels, S., Scheaffer, A. and Van Emon, M., 2021. Impacts of Rumen Degradable or Undegradable Protein Supplementation with or without Salt on Nutrient Digestion, and VFA Concentrations. *Animals*, 11, 3011.
- Mauricio, R.M., Mould, F.L., Dhanoa, M.S., Owen, E., Channa, K.S. and Theodorou, M.K., 1999. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Animal Feed Science and Technology*, 79, 321-330.
- McDougall, E.I., 1948. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *The Biochemical Journal*, 43, 99-109.
- Mertens, D.R., 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *J. AOAC Int*, 85, 1217-1240.
- Miśta, S., Pecka, E., Zachwieja, A., Zawadzki, W., Bodarski, R., Paczyńska, K., Tumanowicz, J., Kupczyński, R. and Adamski, M., 2014. In vitro ruminal fluid fermentation as influenced by corn-derived dried distillers' grains with solubles. *Folia Biológica (Krakow)*, 62, 345-351.
- Moore, J.E., 1990. Forage crops. In: HOVELAND, C.S. (Ed.). *Crop quality, storage, and utilization*. Madison: Crop Science Society of America.
- Mutsvangwa, T., Davies, K.L., McKinnon, J.J. and Christensen, D.A., 2016. Effects of dietary crude protein and rumen-degradable protein concentrations on urea recycling, nitrogen balance, omasal nutrient flow, and milk production in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99, 6298-6310.
- NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine), 2016. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 8.ed. Washington, DC: The National Academies Press.
- NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine), 2021. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 9.ed. Washington, DC: The National Academies Press.
- Navarro Ortiz, C.A. and Roa Vega, M.L., 2020. Determination of in vitro digestibility of forage species used in ruminant feeding. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 3045-3059.
- Ørskov, E.R. and McDonald, I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci*, 92, 499-503.
- Palowski, A., Yang, Z., Jang, J., Dado, T., Urriola, P.E. and Shurson, G.C., 2021. Determination of in vitro dry matter, protein, and fiber digestibility and fermentability of novel corn coproducts for swine and ruminants. *Translational Animal Science*, 5, txab055.
- Paulino, M.F., Detmann, E. and Valadares Filho, S.C., 2006. Suplementação animal em pasto: energética ou proteica. In: *SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM*, Viçosa, MG. Anais... Viçosa: UFV, 359-392.
- Peripolli, E., Banchero, G., Pereira, A.S.C., Brito, G., La Manna, A., Fernandez, E., Montossi, F. and Baldi, F., 2018. Effect of growth path on the performance and carcass traits of Hereford steers finished either on pasture or in feedlot. *Animal Production Science*, 58, 1341-1348.
- Romanzini, E.P., Barbero, R.P., Reis, R.A., Hadley, D. and Malheiros, E.B., 2020. Economic evaluation from beef cattle production industry with intensification in Brazil's tropical pastures. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 2659-2666.
- Schneider, J.M., Zabel, F., Schünemann, F., Delzeit, R. and Mauser, W., 2022. Global cropland could be almost halved: Assessment of land saving potentials under different strategies and implications for agricultural markets. *PLoS ONE*, 17, e0263063.
- Schofield, P., Pitt, R.E. and Pell, A.N., 1994. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. *Journal of Animal Science*, 72, 2980-2991.
- Sousa, L.C.O., Palma, M.N.N., Franco, M.O. and Detmann, E., 2022. Does frequency of protein supplementation affect performance of cattle under grazing in tropical pastures? *Animal Feed Science and Technology*, 289, 115316.
- Sugiura, N., 1978. Further analysts of the data by akaike' s information criterion and the finite corrections. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 7, 13-26.
- Torrecilhas, J.A., Vito, E.S., Fiorentini, G., Castagnino, P.d.S., Simioni, T.A., Lage, J.F., Baldi, F., Duarte, J.M., Silva, L.G.d., Reis, R.A. and Berchielli, T.T., 2021. Effects of supplementation strategies during the growing phase on meat quality of beef cattle finished in different systems. *Livestock Science*, 247, 104465.
- Vieira, R.A.M., Campos, P.R.d.S.S., Silva, J.F.C.d., Tedeschi, L.O. and Tamy, W.P., 2012. Heterogeneity of the digestible insoluble fiber of selected forages in situ. *Animal Feed Science and Technology*, 171, 154-166.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O *Megathyrus maximus* (Sin. *Panicum maximum*) cv. Mombaça pode ser utilizado em lotação contínua, com taxa de lotação variável, para a terminação de bovinos de corte durante o período chuvoso, em virtude da sua plasticidade fenotípica.

A intensificação da terminação, através da TIP configura-se como uma ferramenta importante para os sistemas pecuários, podendo ser utilizada em períodos com incidência de chuvas. No entanto, animais em TIP nas águas apresentam consumo voluntário de suplemento menor do que na seca, mas com desempenhos elevados. Isso sugere adaptação dos níveis de fornecimento de concentrado em relação a composição do ambiente de pastagens nos diferentes períodos do ano.

A inclusão de altos volumes de concentrado na dieta de bovinos Nelore em TIP demonstrou-se eficaz em aumentar a produtividade das áreas, mesmo em períodos com boa oferta e qualidade de forragem, no período chuvoso. Dietas com a inclusão de alto concentrado apresentam melhor digestibilidade, sem alterações na produção de metano.

A utilização de DDGS como fonte proteína, ao nível de 170 g kg⁻¹ de inclusão na dieta, representa uma alternativa para a substituição de fontes proteicas tradicionais, como o farelo de soja. No entanto, apresentam menor digestibilidade *in vitro* neste nível de inclusão.